

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO DE CLONES DE EUCALIPTO EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO**

MATHEUS ANTONIO GUILLEN MAZZUCO

Jaboticabal – SP

1º semestre/2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**DESEMPENHO DE CLONES DE EUCALIPTO EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO**

MATHEUS ANTONIO GUILLEN MAZZUCO

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula

Trabalho apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias -
UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para
graduação em ENGENHARIA
AGRONÔMICA.

Jaboticabal - SP
1º semestre/2021

M478d Mazzuco, Matheus Antonio Guillen
Desempenho de clones de eucalipto em diferentes
espaçamentos de plantio / Matheus Antonio Guillen Mazzuco.
-- Jaboticabal, 2021
34 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia
Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Rinaldo Cesar de Paula

1. Interação genótipo-ambiente. 2. Densidade populacional.
3. MHPRVG. 4. Adaptabilidade. 5. Estabilidade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL



DEPARTAMENTO: Ciências da Produção Agrícola

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO
TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: DESEMPENHO DE CLONES DE EUCALIPTO EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO

ACADÊMICO: Matheus Antonio Guillen Mazzuco

CURSO: Engenharia Agrônômica

ORIENTADOR: Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

(Nomes)

Presidente Prof. Dr. Rinaldo Cesar de Paula
Membro Eng. Agr. Me. Robson L. Silva de Medeiros
Membro Eng. Agr. João Vitor Oliveira de Souza

(Assinaturas)

Jaboticabal 28 / 07 / 2021

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 03 / 08 / 2021 "Ad referendum"

Chefe do Departamento

OFERECIMENTO

Dedico o presente trabalho aos meus pais Elaine e Sergio, e à minha avó Terezinha, que sempre fizeram e fazem o possível e o impossível para que eu alcance meus objetivos e realize meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus e Nossa Senhora Aparecida, que iluminaram o meu caminho durante toda minha vida.

Agradeço aos meus pais, Elaine e Sergio, à minha irmã Giulia, à minha avó Terezinha e ao meu avô João (*In memoriam*), por nunca terem medido esforços para que eu chegasse até aqui. Sem vocês jamais teria conseguido.

Agradeço a minha namorada Anna Julia por todo apoio, ajuda e companheirismo.

Aos meus amigos de longa data e de faculdade por estarem presentes me apoiando.

Agradeço a todos os professores e funcionários da UNESP/FCAV. Em especial, ao Prof. Rinaldo, que me orientou e compartilhou seus conhecimentos.

Aos colegas de Laboratório por todo conhecimento compartilhado, em especial, ao João Pedro, Robson e Ygor, por todo auxílio na coleta dos dados.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão da bolsa de iniciação científica (PIBIC) durante a execução do projeto.

A todos que contribuíram de alguma forma com o presente trabalho e com minha jornada como aluno da UNESP/FCAV

ÍNDICE

1. RESUMO	vii
2. SUMMARY	viii
3. INTRODUÇÃO	1
4. REVISÃO DE LITERATURA	4
4.1. Setor Florestal Brasileiro	4
4.2. Espaçamento de Plantio	5
4.3. Adaptabilidade e Estabilidade	8
5. MATERIAL E MÉTODOS	11
5.1. Instalação e Condução do Experimento.....	11
5.2. Genótipos	12
5.3. Delineamento experimental.....	12
5.3. Delineamento experimental.....	13
5.4. Avaliações	14
5.5. Análise dos dados	14
5.6. Adaptabilidade e Estabilidade (A&E).....	16
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
6.1. Diâmetro a Altura do Peito (DAP), Sobrevivência e Volume individual de madeira.....	19
6.2. Estimativa de Parâmetros Genéticos	22
6.3. Valores genotípicos preditos	24
6.4. Produtividade, adaptabilidade e estabilidade aos 48 meses após o plantio.....	27
7. CONCLUSÕES	30
8. LITERATURA CITADA	31

DESEMPENHO DE CLONES DE EUCALIPTO EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO

1. RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade, estabilidade e adaptabilidade de clones de eucalipto em diferentes espaçamentos de plantio. O experimento foi instalado em janeiro de 2017, no município de Jaboticabal – SP, em delineamento sistemático (“Nelder Linear”), com 10 clones de eucalipto em oito espaçamentos de plantio e sete repetições de uma planta. O experimento contou com 8 espaçamentos entre plantas na linha, sendo eles 0,5 m; 0,75 m; 1,25 m; 1,75 m; 2,25 m; 2,75 m; 3,25 m e 3,5 m. Foram coletados dados de diâmetro à altura do peito (DAP), volume de madeira e sobrevivência aos 38, 43 e 48 meses de idade. Os dados foram analisados por modelos mistos, via procedimento REML/BLUP, com obtenção de parâmetros genéticos e da adaptabilidade, estabilidade e produtividade dos clones pelo método da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genotípicos (MHPRVG). Os resultados indicam que os clones diferem entre si, mostrando a presença de variabilidade genética o que possibilita a seleção de genótipos superiores. Espaçamentos mais amplos possibilitam melhor desenvolvimento individual das plantas, mas não necessariamente maior produtividade de madeira. Houve semelhança na classificação dos clones pelos métodos de análise de Blup individual e MHPRVG.

Palavras chave: Interação genótipo x ambiente, Nelder linear, Adaptabilidade, Estabilidade.

EUCALYPTUS' CLONES PERFORMANCE UNDER DISTINCT PLANTING SPACING

2. SUMMARY

The present report aimed to evaluate the productivity, stability and adaptability of eucalyptus clones in different planting spacings. The experiment was installed in January 2017 at Jaboticabal city, São Paulo State - Brazil, in a systematic design ("Nelder Linear"), with 10 eucalyptus clones in 8 planting spacings and seven plant's repetitions. The experiment had 8 spacings among plants in line, being: 0.5m, 0.75m, 1.25m, 1.75m, 2.25m, 2.75m, 3.25m and 3.5m. Data were collected by the standard method Diameter at Breast Height (DBH) focusing on wood volume and survival at 38, 43 and 48 months old. The data were analysed by mixed models, via REML/BLUP procedure, with genetic parameters and adaptability, stability and productivity of clones obtained from Harmonic Mean of the Relative Performance of Genotypic Values (HMRPGV). The results indicate that the clones are different from each other, showing the genetic variability presence which enables the selection of superior genotypes. Wider spacing allows a better individual plant development, but not necessarily higher wood productivity. Moreover, there was similarity between the classification of clones by individual Blup and HMRPGV analysis methods.

Keywords: Genotype x environment interaction, Nelder linear, Adaptability, Stability

3. INTRODUÇÃO

No ano de 2019 a área ocupada com florestas plantadas teve um incremento de 2,8%, chegando a 9,0 milhões de ha, sendo que cerca de 77% dessa área é utilizada para o plantio de eucaliptos, ou seja, 6,97 milhões de ha. Mesmo com a crise econômica mundial, a receita bruta do setor aumentou em 12,6%, passando de 86,6 bilhões para 97,4 bilhões de reais em 2019, além de responder por 1,2% do PIB nacional, se consolidando como importante setor do agronegócio brasileiro. O setor florestal brasileiro é responsável por gerar milhões de empregos diretos e indiretos e o Brasil, também, se destaca como um dos principais produtores mundiais de produtos madeireiros a partir de florestas plantadas, sendo o segundo maior produtor mundial e o maior exportador de celulose (IBÁ, 2020).

Segundo a FAO (2017), estima-se que a demanda por madeira para uso industrial e geração de energia ultrapassará 5 bilhões de m³/ano, por volta de 2.050, devido ao aumento da população mundial e o consumo *per capita*, sendo assim necessário um acréscimo de 40% na produção. Para atender a

essa demanda, tem-se duas alternativas: o aumento da área cultivada e, ou o aumento da produtividade.

A definição do espaçamento de plantio das espécies florestais está relacionada ao genótipo, ao uso da madeira, à qualidade do local em termos de solo (fertilidade, textura, estrutura), clima, dentre outros aspectos (BINKLEY et al., 2017). Embora não seja o ideal, é comum adotarmos um espaçamento único, considerado padrão, para a avaliação de diferentes genótipos nos testes de melhoramento florestal. Sabe-se que cada genótipo tem exigências específicas em termos de recursos, e que a produtividade poderá ser alterada em função das condições de cultivo a que o genótipo é submetido. Assim, o espaçamento ideal de plantio para um determinado genótipo poderá não ser o melhor para outro genótipo, ocasionando respostas genótipo-dependente para cada espaçamento adotado, o que poderá comprometer a produtividade e a qualidade do produto florestal.

A instalação de experimentos que visem identificar o espaçamento ótimo de plantio para espécies florestais apresenta algumas limitações, entre elas a necessidade de grandes áreas, uma vez que esses experimentos devem conter um número suficiente de indivíduos a serem avaliados (SILVA, 2005). Disto resultam, também, custos mais elevados e maior uso de mão-de-obra para a instalação, condução e análise desses experimentos. Nesse sentido, os experimentos em Nelder (NELDER, 1962) constituem-se em alternativa interessante, pois possibilita avaliar diferentes densidades populacionais (espaçamentos de plantio), associadas a diferentes genótipos com menor uso de área e, conseqüentemente, de recursos.

Nos experimentos de espaçamentos envolvendo diferentes genótipos é comum a ocorrência de interação genótipo x espaçamento, o que deve ser considerado nos programas de melhoramento florestal, a fim de verificar o comportamento diferenciado dos genótipos avaliados, em resposta às variações impostas pelas diferentes densidades populacionais. Na presença de uma interação genótipos x espaçamentos significativa, é possível relacionar e identificar padrões de similaridade de respostas dos genótipos frente aos espaçamentos avaliados, e traçar estratégias mais seguras e confiáveis de melhoramento. Para estudar essa interação, diferentes métodos podem ser utilizados, desde métodos relativamente simples, baseados em análise de regressão a métodos baseados em modelos mistos, como o da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genotípicos – MHPRVG, descrito por Resende (2007).

Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a produtividade, estabilidade e adaptabilidade de clones de eucalipto em diferentes espaçamentos.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Setor Florestal Brasileiro

O gênero *Eucalyptus* tem sua origem no continente da Oceania, mais precisamente na Austrália, Tasmânia e outras ilhas (SANTAROSA; PENTEADO JUNIOR; GOULART, 2014). No entanto não se tem registros exatos sobre a introdução do gênero no país. Segundo Santarosa, Penteado Junior e Goulart (2014), há relatos que os primeiros eucaliptos foram plantados no Jardim Botânico e no Museu Nacional do Rio de Janeiro, entre os anos de 1825 e 1863, porém utilizados para fins ornamentais. Em 1904 Edmundo Navarro de Andrade iniciou os primeiros plantios para fins de estudos, no Horto Florestal de Rio Claro, SP (VICTOR et al., 2005).

De acordo com IBÁ (2020) no Brasil, a área de florestas plantadas no ano de 2019 foi de 9,0 milhões de ha, dos quais 6,97 milhões de ha foram ocupados com a cultura do eucalipto, ou seja, cerca de 77% da área plantada. Essas áreas se concentram principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul, os três estados juntos correspondem a 61% de toda área ocupada

com eucalipto no país. A área plantada com eucaliptos no Brasil, mesmo com a crise econômica mundial, registrou no ano de 2019 um aumento de 2,8%.

O setor florestal é um dos mais importantes do agronegócio brasileiro, sendo responsável por 10% das exportações, além de gerar milhões de empregos diretos, indiretos e por efeito de renda, e tendo participação expressiva no PIB nacional. O Brasil, também, se destaca como um dos principais produtores mundiais de produtos madeireiros a partir de florestas plantadas, sendo que o setor de árvores plantadas respondeu por 1,2% do PIB nacional e apresentou uma receita bruta de 97,4 bilhões de reais em 2019, um crescimento de 12,6% em comparação com o ano de 2018 (IBÁ, 2020).

O Brasil ocupa um lugar de destaque no mercado florestal, sendo o segundo maior produtor e o maior exportador de celulose, além disso, é o maior produtor de carvão vegetal e ocupa posições relevantes na produção de papel, madeira serrada e painéis de madeira (IBÁ, 2020).

4.2. Espaçamento de Plantio

O espaçamento de plantio influencia diretamente a produção de madeira, sendo a sua definição uma das mais importantes para o manejo e implantação florestal. A escolha do espaçamento de plantio depende de fatores edafoclimáticos, exigências da espécie e do objetivo ou destino final da madeira (GONÇALVES et al., 2013; BINKLEY et al., 2017). A densidade de plantio irá impactar uma série de fatores, como produção, custo de implantação e manutenção florestal (SEREGHETTI, 2012). Além desses aspectos, a definição do espaçamento influenciará o crescimento individual e a produção

por hectare, conforme estudado por Ribeiro et al. (2017). De acordo com esses autores, em espaçamentos mais amplos, as árvores apresentam maior volume individual e, conseqüentemente, produzem uma madeira de melhor qualidade. Isso ocorre em consequência da menor competição por água, luz e nutrientes. Vale ressaltar, contudo, que, em geral, não há efeitos significativos do espaçamento em relação ao crescimento em altura (BERNARDO et al., 1998).

Embora não seja o ideal, é comum adotar um espaçamento único, considerado padrão, para a avaliação de diferentes genótipos nos testes de melhoramento florestal. Sabe-se, contudo, que cada genótipo tem exigências específicas em termos de recursos, e que a produtividade poderá ser alterada em função das condições de cultivo a que o genótipo é submetido. Assim, o espaçamento ideal de plantio para um determinado genótipo poderá não ser o melhor para outro genótipo, ocasionando respostas genótipo-dependente para cada espaçamento adotado.

A manipulação do espaçamento (densidade populacional), por conseguinte, é também, uma das maneiras de simular a disponibilidade de recursos ao crescimento vegetal, reduzindo a disponibilidade desses, ou aumentando a escassez, com a adoção de espaçamentos mais reduzidos. Assim, a densidade populacional, determinada pelo espaçamento de plantio, poderá minimizar ou potencializar o efeito de ocorrência de fatores estressantes durante a rotação florestal, pois esta influencia as taxas de crescimento, sobrevivência e produtividade de madeira por hectare (ODA-SOUZA et al., 2008). Qualquer local que apresente umidade e calor adequados pode suportar o crescimento inicial de um povoamento florestal, mas com o

passar do tempo, dependendo da densidade do plantio, as árvores passam a competir intensamente por água, nutrientes, luz e pelo espaço para crescimento da copa e do sistema radicular. Assim, é importante identificar o espaçamento adequado para que cada genótipo possa expressar o máximo crescimento com a melhor qualidade e menor custo (MACEDO et al., 2005) e, com isto, proporcionar alta correlação do desempenho dos testes experimentais em programas de melhoramento florestal com os ganhos genéticos reais obtidos em escala comercial.

O espaçamento ideal em plantios florestais não deve ser generalizado e, sim, estudado particularmente em cada situação, considerando a singularidade de cada sítio e espécie (BOTELHO, 1998; ELOY et al., 2018). Porém, deve-se considerar que a instalação de experimentos que visem identificar o espaçamento ótimo de plantio de espécies florestais apresenta algumas limitações, entre elas a necessidade de grandes áreas, uma vez que os experimentos devem conter um número suficiente de indivíduos a serem avaliados (SILVA, 2005).

Para superar essas limitações, Nelder (1962) propôs delineamentos sistemáticos, que destacam-se por serem compactos, exigindo assim menores áreas experimentais e permitindo a avaliação de um maior número de espaçamentos. Em contrapartida, esse tipo de delineamento não garante a independência dos erros associados a cada unidade experimental por ferir o princípio básico da casualização (MORAES et al., 2013). Entretanto, Oda-Souza et al. (2008) concluíram que a incorporação da estrutura de dependência espacial aos modelos geoestatísticos recupera a capacidade de

fazer inferências válidas na ausência de aleatorização, permitindo contornar problemas operacionais e, assim, garantindo que os dados possam ser submetidos a uma análise clássica. A proposta do delineamento em Nelder foi modificada, para uso de parcelas retangulares e não mais circulares como na proposta original e tem sido usada com frequência na experimentação florestal.

4.3. Adaptabilidade e Estabilidade

A resposta de um genótipo para certo caráter é consequência da associação de fatores genéticos, ambientais e da interação genótipo x ambiente, sendo que essa interação ocorre devido a respostas diferenciais dos genótipos frente às mudanças no ambiente (SILVA, 2019).

Segundo Eberhart e Russel (1966), adaptabilidade refere-se à capacidade do genótipo em responder a condições ambientais e estabilidade refere-se à previsibilidade do comportamento de determinado genótipo

Há na literatura, diversos métodos para o estudo da interação genótipo x ambiente, assim como, adaptabilidade e estabilidade dos genótipos. Métodos como de Finlay e Wilkinson (1963) e Eberhart e Russel (1966), utilizam da regressão linear ($y = a + bx$), para analisar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos. Eberhart e Russel avaliaram a adaptabilidade a partir de uma equação linear para cada genótipo testado, dessa forma analisando a resposta de cada genótipo em relação às médias ambientais e sua resposta linear. Já o método utilizado por Finlay e Wilkinson, não avalia os desvios da regressão, os quais permitem estimar a resposta linear dos diferentes genótipos.

O método proposto por Eberhart e Russel (1966) sofreu algumas modificações ao longo dos anos, a primeira delas foi por Verma et al. (1978), que sugeriram que a regressão deveria ser analisada em duas retas, uma para ambientes desfavoráveis e a outra para ambientes favoráveis. Posteriormente Silva e Barreto (1986), citados por Cargnelutti Filho et al. (2009), e Santos (2014), apresentaram uma reta bissegmentada a partir de uma única equação.

A análise a partir de uma equação bissegmentada foi apresentada por Cruz et al. (1989), citados por Santos (2014), e tem como base uma modificação do método proposto por Silva e Barreto (1986). Esse método baseia-se em três indicadores de adaptabilidade, resposta linear aos ambientes favoráveis, resposta linear aos ambientes desfavoráveis e a média. Esse método permite uma simplificação e apresenta características estáticas mais apropriadas ao melhoramento.

Um dos métodos amplamente utilizado no melhoramento de plantas foi proposto por Lin e Binns (1988), o qual se difere dos métodos baseados na regressão linear, por utilizar métodos não paramétricos. Esse método apresenta como vantagem resultados seguros em relação à estabilidade dos genótipos e fácil entendimento, e se baseia em um parâmetro relacionado à estabilidade e produtividade, sendo que genótipos que apresentam alto desempenho em vários ambientes são considerados como genótipos superiores.

O método proposto por Annicchiarico (1992) fundamenta-se no índice de confiança genotípica, o qual é calculado a partir da média e dos desvios relativos. De acordo com Santos (2014), os valores das variáveis de interesse

são convertidos em porcentagem relativa à média dos diferentes ambientes, posteriormente são calculados os desvios relativos dos tratamentos nos ambientes distintos.

Segundo Duarte e Vencovsky (1999), o método de análise AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction analysis) une componentes aditivos para os efeitos principais e componentes multiplicativos para efeito da interação genótipo x ambiente, em único modelo. Possibilita uma análise detalhada da interação genótipo por ambiente, identificando os genótipos mais produtivos e adaptados (GAUCH e ZOBEL, 1996).

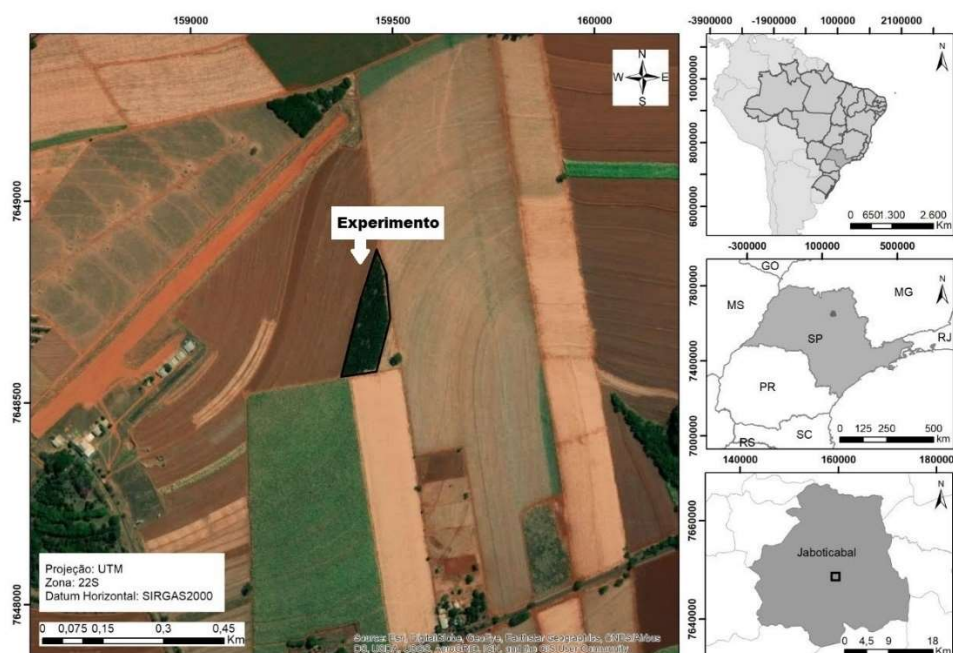
De acordo com Resende (2007), no método da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genotípicos (MHPRVG), a estabilidade refere-se à Média Harmônica dos Valores Genotípicos nos diferentes "locais" (MHVG); a adaptabilidade corresponde à Performance Relativa dos Valores Genotípicos em relação à média de cada "local" (PRVG), e a estabilidade, adaptabilidade e produtividade, simultaneamente, refere-se à Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genotípicos (MHPRVG). Esse método tem sido utilizado mais recentemente para espécies florestais, e tem como vantagem a capacidade de apresentar em um único valor, a MHPRVG, informações sobre a estabilidade, adaptabilidade e produtividade dos genótipos avaliados nos diferentes ambientes.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Instalação e Condução do Experimento

O experimento, objeto de estudo desse trabalho, está situado no campus da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), no município de Jaboticabal, SP, situado na latitude $21^{\circ} 15' 22''$ S e longitude de $48^{\circ} 18' 58''$ W, na altitude média de 586 metros.

Figura 1 - Localização do experimento



Fonte - Autor

O clima é do tipo Cwa segundo a classificação de Köppen, caracterizado por verão quente e chuvoso e inverno seco (Alvares et al., 2013)

A área experimental foi preparada com a eliminação da cultura anterior (milho), seguida de gradagem cruzada e abertura de sulcos. Apesar da análise química do solo (dados não apresentados) indicar pela não necessidade de calagem e adubação para a cultura do eucalipto, foi aplicado no plantio 100 g/planta de Yorin MG SI®.

Nos três primeiros anos foram realizadas atividades de manutenção dos experimentos, como controle de formigas cortadeiras, limpeza por capinas e roçadas.

5.2. Genótipos

O projeto envolve 10 (dez) clones comerciais de eucalipto (Tabela 1), que foram cedidas por empresas florestais que atuam no Brasil e fazem parte do Programa TECHS (Tolerância de Eucaliptos Clonais aos Estresses Hídrico, Térmico e Bióticos), coordenado pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), com sede em Piracicaba, SP.

5.3. Delineamento experimental

O experimento foi instalado em delineamento sistemático (“Nelder Linear”), com 08 (oito) espaçamentos e sete repetições (linhas de plantio) e uma planta por parcela. Os espaçamentos consistiram da variação da distância entre plantas nas linhas de plantio entre 0,5 m a 3,5 m, repetindo-se os

espaçamentos extremos (maior e menor) nas linhas de plantio, com incrementos posteriores de 0,5 m, ou seja, na linha de plantio os espaçamentos foram de 0,5 m, 0,5 m; 1,0 m; 1,5 m; 2,0 m; 2,5 m; 3,0 m, 3,5 m e 3,5 m, disto resulta que os espaçamentos médios entre plantas na linha foram: 0,5 m; 0,75 m; 1,25 m; 1,75 m; 2,25 m; 2,75 m; 3,25 m e 3,5 m. O espaçamento entre linhas foi fixado em 3,0 m.

Tabela 1 - Lista de clones e espécies/híbridos plantados no sítio experimental e seu tipo de comportamento e sua respectiva origem climática, segundo a classificação de Köppen (1936)..

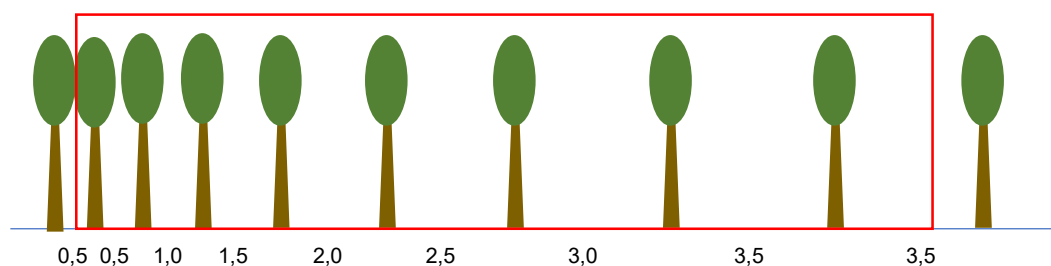
Nº. do clone no experimento	Identificação do Clone	Espécies (híbrido = mãe x pai)	Origem climática
1	Q8	<i>E. grandis x sp</i>	Af
2	K2	<i>E. saligna</i>	Cfb
3	F6	<i>E. benthamii</i>	Cfb
4	O6	<i>E. grandis</i>	Cfb
5	D4	<i>E. grandis x urophylla</i>	Aw
6	C3	<i>E. grandis x camaldulensis</i>	As
7	P7	<i>E. urophylla x brassiana</i>	As
8	G7	<i>E. urophylla</i>	Cwa
9	A1	<i>E. urophylla x sp</i>	Cwa
10	B2	<i>E. urophylla x grandis</i>	Aw

5.3. Delineamento experimental

O experimento foi instalado em delineamento sistemático (“Nelder Linear”), com 08 (oito) espaçamentos e sete repetições (linhas de plantio) e uma planta por parcela. Os espaçamentos consistiram da variação da distância entre plantas nas linhas de plantio entre 0,5 m a 3,5 m (Figura 2), repetindo-se os espaçamentos extremos (maior e menor) nas linhas de plantio, com incrementos posteriores de 0,5 m, ou seja, na linha de plantio os espaçamentos foram de 0,5 m, 0,5 m; 1,0 m; 1,5 m; 2,0 m; 2,5 m; 3,0 m, 3,5m e 3,5 m, disto resulta que os espaçamentos médios entre plantas na linha foram: 0,5 m; 0,75

m; 1,25 m; 1,75 m; 2,25 m; 2,75 m; 3,25 m e 3,5 m. O espaçamento entre linhas foi fixado em 3,0 m.

Figura 2 – Esquema de variação do espaçamento entre árvores na linha de plantio. Em vermelho, o retângulo delimita a parcela útil, em que foram mensuradas as plantas.



Fonte - Autor

5.4. Avaliações

Foram realizadas três avaliações ao longo dos anos, a primeira avaliação ocorreu aos 38 meses após o plantio, a segunda aos 43 meses após o plantio e aos 48 meses após o plantio.

Foi avaliada a sobrevivência (%) dos clones e coletados os dados de diâmetro à altura do peito (DAP, em cm, tomado a 1,30 m do nível do solo) com o auxílio de uma suta de madeira. De posse do DAP e de modelos de produção florestal disponíveis na literatura foi estimado o volume de madeira. Para isto foi usada a equação $Y = 0,00006.X^{2,9218}$, em que Y = volume individual de madeira ($m^3.arvore^{-1}$) e X o DAP em m, ajustada a partir de dados de testes clonais de eucalipto instalados em área vizinha, em diferentes idades.

5.5. Análise dos dados

Os dados foram analisados por modelos mistos (aditivo univariado), via procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viesada), considerando-se os efeitos de clones e da interação clones x espaçamentos como aleatórios, usando-se o software SELEGEN (RESENDE; 2007), Modelo 54, que considera um delineamento em blocos completos em vários locais (espaçamentos) e uma observação por parcela:

$$y = Xr + Zg + Wi + e$$

Em que y - vetor de dados fenotípicos; r - vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos. Neste caso refere-se às linhas de plantio) somados à média geral; g - vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios); i - vetor dos efeitos da interação genótipos x espaçamentos (aleatórios), e - vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas (X, Z e W) representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

A significância dos efeitos aleatórios (clones e interação) foi avaliada pela análise de deviance (ANADEV) por meio do teste da razão de verossimilhança (LRT). Os componentes de variância e parâmetros genéticos estimados, considerando-se “l” espaçamentos e “r” repetições, correspondem a (RESENDE, 2007):

- a) Variância genotípica (V_g)
- b) Variância da interação genótipos x espaçamento (V_{int})
- c) Variância residual (V_e)
- d) Variância fenotípica individual (V_f): $V_f = V_g + V_{int} + V_e$
- e) Herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais (h^2_g): $h^2_g = V_g/V_f$

- f) Coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x espaçamento (c^2_{int}): $c^2_{int} = V_{int}/V_f$
- g) Herdabilidade da média de genótipo, assumindo sobrevivência completa (h^2_{mg}): $h^2_{mg} = V_g/(V_g + V_{int}/l + V_e/lr)$
- h) Acurácia da seleção de genótipos, assumindo sobrevivência completa (Acgen): $Acgen = (h^2_{mg})^{0,5}$
- i) Correlação genotípica entre o desempenho dos genótipos nos vários espaçamentos (r_{gloc}): $r_{gloc} = V_g/(V_g + V_{int})$
- j) Coeficiente de variação genotípica (CVgi): $CVgi = 100 * [(V_g)^{0,5}]/m$
- k) Coeficiente de variação residual (CVe) = $100 * [(V_e)^{0,5}]/m$
- l) média geral do experimento (m)

5.6. Adaptabilidade e Estabilidade (A&E)

Para esse estudo foram considerados apenas os dados de diâmetro à altura do peito (DAP) e volume individual de madeira (VOL), obtidos na última avaliação realizada aos 48 meses de idade. As análises de A&E foram obtidas com base no método da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genotípicos (MHPRVG), empregando o software Selegen (RESENDE, 2007), modelo 54, anteriormente descrito. De acordo com este método, a estabilidade refere-se à Média Harmônica dos Valores Genotípicos nos diferentes "locais" (MHVG); a adaptabilidade corresponde à Performance Relativa dos Valores Genotípicos em relação à média de cada "local" (PRVG), e a estabilidade, adaptabilidade e produtividade, simultaneamente, refere-se à Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos (MHPRVG).

Essas estimativas foram obtidas conforme abaixo (RESENDE, 2007):

Estabilidade (MHVG): $MHVG_1 = \frac{1}{\sum_{l=1}^L \frac{1}{VG_{il}}}$;

Adaptabilidade (PRVG): $PRVG_i = \frac{1}{l} \left(\frac{\sum_{l=1}^L VG_{il}}{M_l} \right)$ e

Adaptabilidade e Estabilidade (MHPRVG): $MHPRVG_i = \frac{1}{\sum_{l=1}^L \frac{1}{PRVG_{il}}}$

onde: l - é o número de "ambientes" (neste caso de espaçamentos); VG é o valor genotípico; i é o genótipo (clone) e M_l é a média do local l .

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de razão de verossimilhança para o efeito de clones foi significativo para diâmetro a altura do peito (DAP) e volume (VOL) nas três idades avaliadas, enquanto para sobrevivência (SOB) foi significativo apenas aos 38 e 48 meses, indicando a presença de variabilidade entre os clones. Porém o teste não apresentou significância para os efeitos da interação clones x espaçamentos para DAP e VOL aos 38, 43 e 48 meses de idade, mas indicou sobrevivência diferenciada dos clones frente aos espaçamentos nas três idades de avaliação (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise de deviance para Diâmetro a Altura do Peito (DAP, cm), volume de madeira (VOL, m³/árvore) e sobrevivência (SOB, %) avaliados em clones de eucaliptos aos 38, 43 e 48 meses de idade.

Efeito	DAP38	DAP43	DAP48	VOL38	VOL43	VOL48	SOB38	SOB43	SOB48
Clones	1347,24**	1323,08**	1231,18**	-2126,85**	-1839,12**	-1543,54**	-476,11*	-416,86 ^{ns}	-315,64**
Interação	1301,19 ^{ns}	1279,42 ^{ns}	1192,42 ^{ns}	-2163,46 ^{ns}	-1876,35 ^{ns}	-1577,99 ^{ns}	-475,31*	-408,37**	-301,11**
Completo	1301,09	1279,09	1192,05	-2164,91	-1876,89	-1579,01	-480,49	-420,04	-323,3

Teste da razão de verossimilhança com valores tabelados de qui-quadrado (χ^2). - ** valores significativos a 1% pelo teste de χ^2 . - * valores significativos a 5% pelo teste de χ^2 . - ^{ns} valores não significativos a 5% pelo teste de χ^2 .

6.1. Diâmetro a Altura do Peito (DAP), Sobrevivência e Volume individual de madeira

Observa-se que o espaçamento de plantio afetou o DAP, volume e sobrevivência dos 10 clones aos 48 meses de idade. Os espaçamentos mais amplos proporcionaram maior desenvolvimento e sobrevivência (Tabelas 3, 4 e 5). O DAP e volume aumentaram com a abertura do espaçamento de plantio (Tabelas 3 e 5). O melhor desenvolvimento das plantas nos maiores espaçamentos se dá em função da menor competição por recursos como água, luz e nutrientes (HARRINGTON; HARRINGTON; DEBELL, 2009), porém esse aumento não ocorre indefinidamente com a ampliação do espaçamento. Ainda, nem sempre o espaçamento que possibilita o melhor desempenho individual corresponde àquele que proporciona a maior produtividade.

Tabela 3 - Diâmetro a altura do peito (DAP, em cm) de clones de eucalipto submetidos a diferentes espaçamentos aos 48 meses após o plantio.

Clone	Espaçamento de Plantio (m)							
	0,50	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,5
1	9,32	9,78	10,47	13,03	12,68	14,14	15,00	15,29
2	10,12	10,62	11,23	13,55	13,34	14,91	15,71	15,81
3	6,95	7,53	7,92	10,77	10,41	11,87	12,44	12,64
4	9,15	9,42	10,13	12,68	12,25	13,75	14,65	14,61
5	9,60	9,73	10,26	13,31	12,67	14,21	15,03	15,25
6	9,92	9,91	10,64	13,03	12,87	14,22	15,18	15,16
7	7,28	7,60	8,26	10,78	10,58	11,86	12,69	12,66
8	8,47	8,81	9,78	12,18	11,56	13,20	14,03	14,11
9	10,76	00,00	11,87	14,44	14,10	15,21	16,26	16,32
10	00,00	00,00	12,46	14,94	14,59	15,98	16,99	17,14
Média	9,30	9,62	10,30	12,87	12,51	13,94	14,80	14,90

Tabela 4 - Sobrevivência (%) de clones de eucalipto submetidos a diferentes espaçamentos aos 48 meses após o plantio.

Clone	Espaçamento de Plantio (m)							
	0,50	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,5
1	0,7627	0,5846	0,7717	0,9372	0,9562	0,8766	0,9019	0,9688
2	0,8369	0,4996	0,8459	0,9318	0,8712	0,9508	0,8170	0,8839
3	0,3638	0,5836	0,7707	0,5383	0,4777	0,5573	0,8213	0,8087
4	0,4595	0,5201	0,7073	0,5544	0,7326	0,6530	0,8375	0,8248
5	0,6992	0,7598	0,9470	0,9533	0,9723	0,8927	0,9976	0,9054
6	0,8584	0,6007	0,8674	0,8737	0,9723	0,9723	0,9976	0,9849
7	0,5767	0,6373	0,8244	0,8308	0,7702	0,9293	0,7955	0,7828
8	0,6939	0,8340	0,8620	0,9479	0,9669	0,8873	0,9922	0,8204
9	0,3961	0,0000	0,8029	0,6501	0,9078	0,8283	0,9331	0,9205
10	0,0000	0,0000	0,4578	0,7824	0,8014	0,8810	0,9063	0,8141
Média	0,5857	0,5429	0,7857	0,8000	0,8429	0,8429	0,9000	0,8714

Tabela 5 - Volume de madeira (m³/árvore) de clones de eucalipto submetidos a diferentes espaçamentos aos 48 meses após o plantio.

Clone	Espaçamento de Plantio (m)							
	0,50	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,5
1	0,06310	0,06200	0,07100	0,12100	0,10870	0,14900	0,17560	0,19070
2	0,07720	0,07750	0,08310	0,12670	0,11970	0,16610	0,18930	0,19610
3	0,02080	0,02210	0,02530	0,08020	0,06830	0,10880	0,12400	0,12970
4	0,05340	0,05020	0,05690	0,10800	0,09220	0,13360	0,16190	0,15960
5	0,07460	0,06490	0,06930	0,14070	0,11270	0,15870	0,18100	0,19290
6	0,06870	0,05760	0,06740	0,11380	0,10710	0,14370	0,17510	0,17270
7	0,01420	0,01130	0,01850	0,06720	0,05860	0,09100	0,11560	0,11510
8	0,04300	0,04070	0,05400	0,10120	0,08000	0,12730	0,14840	0,15620
9	0,09910	0,00000	0,10770	0,16030	0,14880	0,17380	0,21000	0,21160
10	0,00000	0,00000	0,13040	0,17950	0,16660	0,20370	0,24090	0,24950
Média	0,06410	0,06060	0,06840	0,11980	0,10630	0,14560	0,17220	0,17740

O baixo desempenho do clone 3 para os três caracteres avaliados, pode ser explicado pela sua origem climática, uma vez que sua origem é do tipo Cfb de acordo com classificação de Köppen, que apresenta verão moderadamente quente, diferentemente do clima de Jaboticabal, SP, que é do tipo Cwa, com a presença de verão quente.

A taxa de sobrevivência foi maior nos espaçamentos mais amplos, porém com diferença entre os clones, conforme apontou a análise de deviance quanto à interação clone x espaçamento (Tabela 2). Nesse sentido, percebe-se que o clone 10 apresentou alta sensibilidade aos espaçamentos mais reduzidos (Tabela 4).

Considerando-se o volume médio por árvore nos diferentes espaçamentos (Tabela 6), percebe-se que no espaçamento de 3,5 m entre plantas na linha houve o maior volume individual (0,1740 m³/árvore), seguido pelo espaçamento de 3,0 m entre plantas (0,1722 m³/árvore). Contudo, ao se considerar a densidade populacional, o espaçamento de 3,0 m possibilita uma produtividade ligeiramente superior (176,6 m³/ha) que o espaçamento de 3,5 m (168,9 m³/ha), isto considerando-se sobrevivência completa. Ao se considerar a sobrevivência média nesses dois espaçamentos esses valores são de 158,9 m³/ha no espaçamento de 3,0 m e 147,2 m³/ha no espaçamento de 3,5 m.

Tabela 6 – Diâmetro a Altura do Peito (DAP, cm), sobrevivência (SOB, %) e volume de madeira (VOL, m³/árvore) obtidos a partir de 10 clones de eucalipto em diferentes espaçamentos aos 38, 43 e 48 meses após o plantio.

Espaçamento de plantio (m)	DAP38	DAP43	DAP48	SOB38	SOB43	SOB48	VOL38	VOL43	VOL48
0,50	7,3931	8,3276	9,3028	0,7714	0,7000	0,5857	0,0352	0,0474	0,06410
0,75	7,7710	8,8878	9,6264	0,7429	0,6000	0,5429	0,0331	0,0468	0,06060
1,25	8,0332	9,8591	10,3072	0,8571	0,8000	0,7857	0,0466	0,0588	0,06840
1,75	10,7775	11,3720	12,8752	0,9429	0,9429	0,8000	0,0727	0,0866	0,11980
2,25	11,0561	11,7089	12,5100	0,8857	0,8857	0,8429	0,0967	0,0884	0,10630
2,75	12,0719	12,9016	13,9409	0,9286	0,9143	0,8429	0,1159	0,1191	0,14560
3,25	12,9321	13,8162	14,8038	0,9286	0,9286	0,9000	0,1159	0,1407	0,17220
3,50	13,2949	14,0386	14,9047	0,8857	0,8857	0,8714	0,1267	0,1487	0,17740

DAP38, SOB38, VOL38 – respectivamente, Diâmetro a Altura do Peito (DAP), Sobrevivência (SOB) e Volume de madeira (VOL), analisados aos 38 meses de idade. DAP43, SOB43, VOL43 – respectivamente, Diâmetro a Altura do Peito (DAP), Sobrevivência (SOB) e Volume de madeira (VOL), analisados aos 43 meses de idade.

Observa-se que os espaçamentos mais reduzidos proporcionam menor sobrevivência, independentemente da idade, e também a maior redução na sobrevivência com a idade (Tabela 6). Durante as três avaliações as plantas que se encontravam no espaçamento mais adensado (0,5 m) demonstraram a menor taxa média de sobrevivência, conforme observado também por Leite, Nogueira e Moreira (2006).

6.2. Estimativa de Parâmetros Genéticos

As estimativas dos principais parâmetros genético-estatísticos, como de herdabilidades (h^2_g e h^2_{mg}), acurácia da seleção (ACgen), coeficientes de determinação dos efeitos da interação genótipos x espaçamentos (c^2_{int}), correlação genotípica entre o desempenho dos genótipos nos vários espaçamentos (r_{gloc}), coeficiente de variação genotípica (CVgi) e de variação residual (CVe), variaram pouco entre as idades de avaliação considerando-se cada caráter individualmente (Tabela 7), entretanto, as menores estimativas desses parâmetros foram observadas para sobrevivência, exceto c^2_{int} e CVe.

O Diâmetro a Altura do Peito (DAP) apresentou menores estimativas de CVe e CVgi do que as observadas para o volume, o que é comum em experimentos de eucalipto. Segundo Sebbenn et al. (1998), valores acima de 7% para coeficientes de variação genotípica (CVgi%) podem ser considerados altos e, em geral, proporcionam condições favoráveis à seleção.

Tabela 7 – Estimativa de parâmetros genéticos para Diâmetro a Altura do Peito (DAP, cm) e volume de madeira (VOL, m³/árvore) avaliados em clones de eucaliptos aos 38, 43 e 48 meses de idade em diferentes espaçamentos de plantio.

Parâmetros	DAP38	DAP43	DAP48	SOB38	SOB43	SOB48	VOL38	VOL43	VOL48
Vg	1,6925	1,9292	2,0612	0,00428	0,00457	0,01115	0,00053	0,00079	0,00127
Vint	0,0572	0,1141	0,1333	0,00743	0,01328	0,02349	0,000069	0,000065	0,000138
Ve	5,3581	5,7885	5,9711	0,10177	0,11190	0,13082	0,00165	0,002622	0,00372
Vf	7,1078	7,8318	8,1655	0,11349	0,12976	0,16547	0,00225	0,00348	0,00513
h ² _g	0,2381	0,2463	0,2524	0,03773	0,03526	0,06739	0,2376	0,2281	0,2476
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,0626	0,0650	0,0684	0,0232	0,0224	0,0310	0,0626	0,0626	0,0677
h ² _{mg}	0,9427	0,9424	0,9433	0,60922	0,55567	0,67895	0,9336	0,9350	0,9377
Acgen	0,9709	0,9708	0,9713	0,78052	0,74543	0,82398	0,9662	0,9669	0,9684
c ² _{int}	0,0080	0,0146	0,0163	0,06551	0,10240	0,14201	0,0305	0,0188	0,0269
Rgloc	0,9673	0,9442	0,9393	0,36546	0,25615	0,32184	0,8859	0,9239	0,9021
CVgi%	12,34	12,22	11,69	7,54	8,13	13,69	30,79	30,61	31,19
CVe%	21,96	21,17	19,89	36,76	40,20	46,88	54,04	55,62	53,37
Média	10,54	11,34	12,28	0,86	0,83	0,77	0,07	0,09	0,11

Vg: Variância genotípica. **Vint:** Variância da interação genótipos x espaçamento **Ve:** Variância residual. **Vf:** Variância fenotípica individual. **h²_g:** Herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais. **h²_{mg}:** Herdabilidade da média de genótipo, assumindo sobrevivência completa. **Acgen:** Acurácia da seleção de genótipos, assumindo sobrevivência completa. **c²_{int}:** Coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x espaçamento. **rgloc:** Correlação genotípica entre o desempenho dos genótipos nos vários espaçamentos. **CVgi%:** Coeficiente de variação genotípica. **CVe%:** Coeficiente de variação residual. **m:** média geral do experimento. DAP38, DAP43, DAP48, SOB38, SOB43, SOB48, VOL38, VOL43, VOL48 – respectivamente, Diâmetro a Altura do Peito (DAP, cm), Sobrevivência (SOB, %) e volume de madeira (VOL, m³/árvore) avaliados em clones de eucaliptos aos 38,43 e 48 meses de idade.

Os valores encontrados para herdabilidade da média de genótipos (h²_{mg}) foram altos (h²_{mg} > 0,93) para DAP e VOL, indicando baixa influência ambiental na expressão dos mesmos. Isto resultou em altas estimativas de acurácia (Acgen), superiores a 93%, o que segundo Resende e Duarte (2007) indicam alta precisão na seleção. As estimativas do coeficiente de herdabilidade individual no sentido amplo (h²_g) variaram de 0,23 a 0,25 para DAP e de 0,22 a 0,24 para volume, indicando que a variação é de caráter genético (MACEDO, 2017).

De acordo com Resende (2002), citado por Macedo (2017), altos valores de CVgi aumentam as chances de se conseguirem ganhos genéticos na seleção e a alta acurácia é um bom indicador da associação entre o valor genético predito e valor genético verdadeiro, dessa forma assegurando a seleção de plantas superiores.

Os altos valores de correlação genotípica dos genótipos nos espaçamentos (r_{gloc}) para diâmetro e volume são explicados pelos baixos valores do coeficiente de determinação da interação genótipos x espaçamentos (c^2_{int}). Logo, a interação G x A não foi significativa e demonstra regularidade na classificação dos clones nos diferentes espaçamentos de plantio, o que pode facilitar a recomendação de um espaçamento padrão para a avaliação correta dos genótipos.

6.3. Valores genotípicos preditos

Os efeitos genotípicos (g), valores genotípicos considerando os vários espaçamentos livres da interação clone-espaçamento ($u + g$) e valor genotípico para a média dos espaçamentos, capitalizando o efeito médio da interação ($u + g + gem$), mostram que o melhor clone para os caracteres DAP (Tabela 8) e volume (Tabela 9) foi o 10, seguido pelos clones 9, 2, 6, 5 e 1, com alteração entre os mesmos nas três idades avaliadas. Já para o caráter sobrevivência (Tabela 10), o melhor clone foi o 6, seguido pelos clones 5, 8, 1, 3 e 2.

Tabela 8 – Efeitos genotípicos (g), valores genotípicos livres da interação (u+g) e valores genotípicos médios nos espaçamentos (u+g+gem) de clones de eucalipto cultivados em diferentes espaçamentos de plantio, para o Diâmetro a Altura do Peito (cm) aos 38 (DAP38), 43 (DAP43) e 48 (DAP48) meses de idade.

Clone	DAP38			DAP43			DAP48		
	g	u+g	u+g+gem	g	u+g	u+g+gem	g	u+g	u+g+gem
1	0,2103	10,7515	10,7524	0,4789	11,8429	11,8465	0,1839	12,4680	12,4692
2	1,0519	11,5931	11,5975	1,1775	12,5415	12,5502	0,8759	13,1600	13,1669
3	-2,4589	8,0823	8,0719	-2,5979	8,7661	8,7469	-2,1945	10,0890	10,0716
4	-0,4650	10,0762	10,0742	-0,4565	10,9074	10,9041	-0,1957	12,0880	12,0866
5	0,3870	10,9283	10,9299	0,4952	11,8592	11,8629	0,2274	12,5110	12,5131
6	0,8660	11,4072	11,4109	0,4578	11,8218	11,8252	0,3357	12,6200	12,6223
7	-1,2907	9,2505	9,2451	-1,5813	9,7827	9,7710	-2,0487	10,2350	10,2186
8	-0,7692	9,7720	9,7688	-0,6031	10,7609	10,7564	-0,7555	11,5280	11,5222
9	0,6859	11,2271	11,2300	0,6790	12,0430	12,0480	1,4637	13,7480	13,7594
10	1,7826	12,3238	12,3313	1,9503	13,3143	13,3287	2,1078	14,3920	14,4087

Tabela 9 – Efeitos genotípicos (g), valores genotípicos livres da interação (u+g) e valores genotípicos médios nos espaçamentos (u+g+gem) de clones de eucalipto cultivados em diferentes espaçamentos de plantio, para o Volume de madeira (m³/árvore), aos 38 (VOL38), 43 (VOL43) e 48 (VOL48) meses de idade.

Clone	VOL38			VOL43			VOL48		
	g	u+g	u+g+gem	g	u+g	u+g+gem	g	u+g	u+g+gem
1	0.0020	0.0772	0.0773	0.0067	0.0987	0.0988	0.0033	0.1176	0.1176
2	0.0148	0.0900	0.0903	0.0200	0.112	0.1122	0.015	0.1293	0.1295
3	-0.0337	0.0415	0.0409	-0.0378	0.0543	0.0539	-0.0413	0.073	0.0724
4	-0.0109	0.0643	0.0641	-0.0145	0.0776	0.0774	-0.0121	0.1021	0.1020
5	0.0067	0.0819	0.0820	0.0125	0.1046	0.1047	0.0099	0.1242	0.1243
6	0.0102	0.0854	0.0856	0.0022	0.0943	0.0943	-0.001	0.1133	0.1133
7	-0.0253	0.0499	0.0495	-0.0379	0.0541	0.0538	-0.0521	0.0622	0.0615
8	-0.0177	0.0575	0.0572	-0.0153	0.0767	0.0766	-0.0202	0.0941	0.0938
9	0.0124	0.0876	0.0878	0.0145	0.1065	0.1067	0.0362	0.1505	0.1510
10	0.0415	0.1167	0.1174	0.0497	0.1417	0.1422	0.0624	0.1766	0.1775

Tabela 10 – Efeitos genotípicos (g), valores genotípicos livres da interação (u+g) e valores genotípicos médios nos espaçamentos (u+g+gem) de clones de eucalipto cultivados em diferentes espaçamentos de plantio, para o Sobrevivência, aos 38 (SOB38), 43 (SOB43) e 48 (SOB48) meses de idade.

Clone	SOB38			SOB43			SOB48		
	g	u+g	u+g+gem	g	u+g	u+g+gem	g	u+g	u+g+gem
1	0,0152	0,8831	0,8864	0,0139	0,846	0,8511	0,0582	0,8296	0,845
2	0,0044	0,8722	0,8732	0,0040	0,8361	0,8376	0,0461	0,8175	0,8296
3	-0,0283	0,8396	0,8334	-0,0159	0,8163	0,8105	-0,1237	0,6478	0,6152
4	0,0044	0,8722	0,8732	-0,0060	0,8262	0,824	-0,0873	0,6841	0,6611
5	0,0370	0,9048	0,9129	0,0437	0,8758	0,8917	0,0946	0,8660	0,8909
6	0,0805	0,9484	0,9658	0,0635	0,8957	0,9187	0,0946	0,8660	0,8909
7	-0,0283	0,8396	0,8334	-0,0357	0,7964	0,7835	-0,0024	0,7690	0,7684
8	0,0152	0,8831	0,8864	0,0437	0,8758	0,8917	0,0824	0,8539	0,8756
9	0,0152	0,8831	0,8864	0,0040	0,8361	0,8376	-0,0509	0,7205	0,7071
10	-0,1153	0,7525	0,7275	-0,1151	0,7170	0,6753	-0,1115	0,6599	0,6305

Para o efeito genotípico, valores positivos indicam a contribuição do clone para o aumento da média de desempenho, e valores negativos demonstram que os clones contribuem para redução da média e, dessa forma, esses últimos não são recomendados para seleção.

Os valores genotípicos considerando os vários espaçamentos livres da interação clone-espaçamento (u + g) são recomendados quando se pretende plantar alguns desses mesmos clones em outros locais, com padrão diferente ou heterogêneo de interação clones x espaçamento, ao passo que os valores genotípicos para a média dos espaçamentos, capitalizando o efeito médio da interação (u + g + gem), devem ser usados para plantios em outros locais, porém com padrão semelhante de interação. Percebe-se, também, que as diferenças entre essas duas estimativas são relativamente pequenas, o que reforça a baixa interação clone x espaçamento observada no presente estudo.

Para o efeito genotípico, valores positivos indicam a contribuição do clone para o aumento da média de desempenho, e valores negativos demonstram que os clones contribuem para redução da média e, dessa forma, esses últimos não são recomendados para seleção.

6.4. Produtividade, adaptabilidade e estabilidade aos 48 meses após o plantio

Em geral, quando submetidos a diferentes condições de cultivo, os genótipos tendem a apresentar comportamento variável, indicando padrões distintos de respostas. Nesse sentido, as análises de adaptabilidade e estabilidade são especialmente úteis, pois possibilitam identificar os genótipos promissores para plantio em uma ampla gama de ambientes e aqueles que devem ser plantados em condições específicas. Segundo Resende (2007), a Performance Relativa dos Valores Genotípicos (PRVG) e a Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genotípicos (MHPRVG) mostram a superioridade média do genótipo em comparação com a média do ambiente. Quando consideramos esse fato, depreende-se que o clone 10 é o que apresenta maior produtividade, estabilidade e adaptabilidade dentre os clones avaliados nos diferentes espaçamentos de plantio e tem DAP 1,16 vezes superior a média dos ambientes, sendo seguido pelos clones 9 e 2. Para o volume de madeira esse valor, com relação ao clone 10, é de 1,51 vezes a média geral (Tabelas 11 e 12).

Tabela 11 – Estabilidade (MHVG), Adaptabilidade (PRVG) e Produtividade para Diâmetro a Altura do Peito (DAP, cm), avaliado aos 48 meses após a plantio.

Clone	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRVG	MHPRVG*MG
1	12,063	1,0145	12,4623	1,0145	12,4618
2	12,810	1,0743	13,1967	1,0741	13,1936
3	9,580	0,8137	9,9960	0,8119	9,9737
4	11,701	0,9837	12,0835	0,9837	12,0834
5	12,109	1,0183	12,5082	1,0181	12,5065
6	12,271	1,0294	12,6456	1,0292	12,6427
7	9,7681	0,8271	10,1602	0,8261	10,148
8	11,111	0,9361	11,4991	0,9359	11,496
9	13,841	1,1205	13,7637	1,1199	13,757
10	15,175	1,1636	14,2930	1,1632	14,2882

MHVG: Média Harmônica dos Valores Genotípicos nos diferentes "locais". **PRVG:** Performance Relativa dos Valores Genotípicos em relação à média de cada "local". **MG:** média geral de todos os locais. **MHPRVG:** Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos, corresponde a estabilidade, adaptabilidade e produtividade, simultaneamente.

Tabela 12 – Estabilidade (MHVG), Adaptabilidade (PRVG) e Produtividade para volume de madeira (VOL, m³/árvore), avaliado aos 48 meses após a plantio.

Clone	MHVG	PRVG	PRVG*MG	MHPRVG	MHPRVG*MG
1	0,0986	1,0246	0,1171	1,0241	0,1170
2	0,1134	1,1537	0,1318	1,1497	0,1314
3	0,0433	0,5712	0,0653	0,5105	0,0583
4	0,0831	0,8775	0,1003	0,8756	0,1001
5	0,1049	1,0889	0,1245	1,0866	0,1242
6	0,096	0,9929	0,1135	0,9915	0,1133
7	0,0293	0,4673	0,0534	0,3676	0,0420
8	0,0729	0,7932	0,0907	0,7844	0,0897
9	0,1471	1,3525	0,1546	1,3362	0,1527
10	0,1857	1,5296	0,1748	1,5112	0,1727

MHVG: Média Harmônica dos Valores Genotípicos nos diferentes "locais". **PRVG:** Performance Relativa dos Valores Genotípicos em relação à média de cada "local". **MG:** média geral de todos os locais. **MHPRVG:** Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos, corresponde a estabilidade, adaptabilidade e produtividade, simultaneamente.

Num contexto geral, em relação à adaptabilidade, estabilidade e produtividade, tem-se 6 clones que contribuem para a elevação da produtividade média, nessa sequência: 10, 9, 2, 6, 5 e 1 (Tabelas 11 e 12). Esses mesmos genótipos apresentaram destaque também nos resultados com os valores genotípicos preditos (Tabelas 8 e 9), o que corrobora os resultados obtidos por Rosado et al. (2012). Por outro lado, os clones 3, 7, 8 e 4, de desempenho inferior, apresentaram menor adaptabilidade, estabilidade e produtividade.

7. CONCLUSÕES

Os clones diferem entre si quanto aos caracteres avaliados indicando a existência de variabilidade genética, o que favorece a seleção.

A interação clone x espaçamento de plantio foi não significativa para o diâmetro a altura do peito (DAP) e Volume, indicando comportamento semelhante dos clones, independentemente do espaçamento de plantio. Porém, os clones têm comportamento diferenciado quanto à sobrevivência nos diferentes espaçamentos.

Espaçamentos amplos permitem melhor desenvolvimento individual das plantas, mas não necessariamente a maior produtividade em volume de madeira.

Os clones 10, 9 e 2 apresentam os melhores resultados de estabilidade, adaptabilidade e produtividade, sendo assim, podem ser cultivados em diferentes espaçamentos.

Os métodos de análise BLUP Individual e MHPRVG, apresentaram concordância nos resultados.

8. LITERATURA CITADA

Alvares C.A., Stape J.L., Sentelhas P.C., Moraes Gonçalves J.L., Sparovek G., 2013. Köppen' sclimate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728. DOI:10.1127/0941-2948/2013/0507 Disponível em: DOI:10.1127/0941-2948/2013/0507. Acesso em: 31 de junho de 2021.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v.4, p.269-278, 1992.

BERNARDO, A.L.; REIS M.G.F.; REIS G.G.; HARRISON R.B.; FIRME D.J. Effect of spacing on growth and biomass distribution in *Eucalyptus camaldulensis*, *E. pellita*, *E. urophylla* plantations in southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 104, p. 1-13, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00199-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00199-0). Acesso em: 27 de outubro de 2019.

BINKLEY D.; CAMPOE O.C.; ALVARES C.; CARNEIRO RL.; CEGATTA I.; STAPE J.L. The interactions of climate, spacing and genetics on clonal Eucalyptus plantations across Brazil and Uruguay. **Forest Ecology and Management**, v. 405, p. 271-283, 2017.

BOTELHO, S. A. Espaçamento. In: SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p. 381- 406.

CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; RIBOLDI, J.; GUADAGNIN, J.P. Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. **Ciência Rural [online]**. 2009, v. 39, n. 2. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008005000080>. Acesso em: 31 de junho de 2021.

DUARTE, J.B.; VENCOVSKY, R. **Interação genótipos x ambientes**: uma introdução à análise AMMI. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1999. 60 p. (Série Monografias, 9.).

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**. Madison, v.6, n.1, p.36-40, 1966. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>. Acesso em: 31 de junho de 2021.

ELOY, E.; SILVA, D.A.; CARON, B.O; ELLI, E.F; SCHWERZ, F. Effect of age and spacing on biomass production in forest plantations. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 42, n. 2, e420214, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-90882018000200014>. Acesso em: 03 de março de 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forest Products 2015. Roma: FAO, 2017.

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, 14:742-754, 1963. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/AR9630742>. Acesso em: 31 de junho de 2021.

GAUCH, H.G.; ZOBEL, R.W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M.S.; GAUCH, H.G. (Ed.). **Genotype by environment interaction**. Boca Raton: CRC Press, 1996. v.4, p.85-122.

GONÇALVES, J.L.D.M.; ALVARES, C.A.; HIGA, A.R.; SILVA, L.D.; ALFENAS, A.C.; STAHL, J.; FERRAZ, S.F.D.B.; LIMA, W.D.P.; BRANCALION, P.H.S.; HUBNER, A.; BOUILLET, J.-P.D.; LACLAU, J.-P.; NOUVELLON, Y.; EPRON, D. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 6-27, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.030>. Acesso em: 28 de outubro de 2019.

HARRINGTON, T.B.; HARRINGTON, C.A.; DEBELL, D.S. Effects of planting spacing and site quality on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*), **Forest Ecology and Management**, Amsterda, v, 258, n, 1, p, 18-25, 2009, Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.03.039>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2021.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES- IBÁ. **Relatório 2020**. Brasília, DF: IBA, 2020. 124 p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2021.

LEITE, H.G.; NOGUEIRA, G.S.; MOREIRA, A.M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L, **Revista Árvore**, Viçosa v, 30, n, 4, p, 603-612, Ago 2006, Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000400013>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2021.

LIN, C.S.; BINNS, M.R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**. v.68, n.1, p.193-198, 1988. Disponível em: <https://doi.org/10.4141/cjps88-018>. Acesso em: 31 de junho de 2021.

MACEDO, H.R. **Interação genótipo x ambiente em quatro espécies arbóreas sob diferentes espaçamentos de plantio**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia – Campus Ilha Solteira. Ilha Solteira. p. 74. 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/149899>. Acesso em: 18 de junho de 2021.

MACEDO, R.L.G.; GOMES, J.E.; VENTURIN, N.; SALGADO, B.G. Desenvolvimento inicial de *Tectona grandis* L.f. (Teca) em diferentes espaçamentos no município de Paracatu, MG. **Cerne**, v. 11, n. 1, p. 61-69. 2005.

MORAES, M.A.; MORAES, S.M.B.; SILVA, E.C.B.; KUBOTA, T.Y.K; SILVA, A.M.; RESENDE, M.D.V.; MORAES, M.L.T. Variação genética em progênies de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. utilizando o delineamento sistemático tipo “leque”. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 98, p. 175-183, jun. 2013.

NELDER, J. A. New kinds of systematic designs for spacing experiments. **Biometrics**, n.18, p.283-307, 1962.

ODA-SOUZA, M.; BARBIN, D.; RIBEIRO JÚNIOR, P.J.; STAPE, J.L. Aplicação de métodos geoestatísticos para identificação de dependência espacial na análise de dados de um ensaio de espaçamento florestal em delineamento sistemático tipo leque. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 499-509, 2008.

RESENDE, M.D.V. SELEGEN-REML/BLUP: Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: **Embrapa Florestas**, 359 p. 2007.

RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle experimental de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RIBEIRO, M.D.D.S.B.; JORGE, L.A.B.; MISCHAN, M.M.; SANTOS, A.L.D.; BALLARINE, A.W. Avaliação da produção de biomassa do fuste de um clone híbrido de eucalipto sob diferentes espaçamentos. **Ciência Florestal**, [S.l.], v. 27, n. 1, p. 31-45, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982017000100031&lang=pt#B7. Acesso em: 28 de outubro de 2019.

ROSADO, A.M.; ROSADO, T.B.; ALVEZ, A.A.; LAVIOLA, B.G. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** [online]. 2012, v. 47, n. 7, pp. 964-971. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000700013>. Acesso em: 18 de junho de 2021.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JUNIOR., J.F.; GOULART, I.C.G.R. Histórico do cultivo de eucalipto. **Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 11-12.

SANTOS, A. **Comparação de métodos para descrição de adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de feijão-caupi**. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Federal de Grande Dourados. Dourados. p. 73. 2014.

SEBBENN, A. M.; SIQUEIRA, A. C. F.; KAGEYAMA, P. Y.; MACHADO, J. A. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva - *Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 53, p. 31- 38, 1998. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/17452>. Acesso em: 18 de junho de 2021.

SEREGHETTI, G.C. **Biomassa inicial do híbrido *Eucalyptus urophylla* vs. *Eucalyptus grandis* em diferentes espaçamentos**. 2012. 41f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/99741>. Acesso em: 27 de outubro de 2019.

SILVA, C.R. **Efeito do espaçamento e arranjo de plantio na produtividade e uniformidade de clones de *Eucalyptus* na região nordeste do Estado de São Paulo**. 2005. 50f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2005.

SILVA, W.D.M. **Redes neurais artificiais como ferramenta para prognose de crescimento e melhoramento genético florestal**. 2019. TESE (Doutorado em Agronomia) - Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/190673>. Acesso em: 13 de dezembro de 2019.

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical And Applied Genetics**, Berlin, v.53, p.89-91, 1978. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00274335>. Acesso em: 31 de junho de 2021.

VICTOR, M.A.M.; CAVALLI, A.C.; GUILLAUMON, J.R.; FILHO, R.S. **Cem Anos de Devastação - Revisitada 30 Anos depois**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 69 p