

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

ULLY FRANCINE DOS SANTOS PACHE DE FARIA

**DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA PARA CARACTERES DE FRUTOS E SEMENTES
DE EUCALIPTO**

Ilha Solteira

2024

ULLY FRANCINE DOS SANTOS PACHE DE FARIA

**DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA PARA CARACTERES DE FRUTOS E
SEMENTES DE EUCALIPTO**

Trabalho de Graduação apresentado à
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira
da Universidade Estadual Paulista como
um dos requisitos para obtenção do Grau
de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Universidade Estadual Paulista – UNESP
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira
– FEIS

Orientador: Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

F224d Faria, Uly Francine dos Santos Pache de.
Depressão por endogamia para caracteres de frutos e sementes de eucalipto
/ Uly Francine dos Santos Pache de Faria. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
26 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
2024

Orientador: Bruno Ettore Pavan

Inclui bibliografia

1. Auto-polinização. 2. Eucalyptus spp.. 3. Espécies florestais. 4.
Melhoramento genético. 5. Polinização livre.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" FACULDADE
DE ENGENHARIA – UNESP – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA CURSO DE GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: **DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA PARA CARACTERES DE FRUTOS E
SEMENTES DE EUCALIPTO**

ALUNA: ULLY FRANCINE DOS SANTOS PACHE DE FARIA - RA:181053292

ORIENTADOR: PROF. DR. BRUNO ETTORE PAVAN

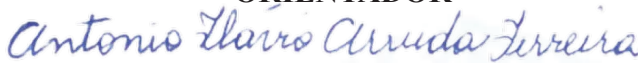
Aprovado (X) Reprovado () pela Comissão Examinadora com nota obtida: 9,0 (nove virgula zero)

Comissão Examinadora:

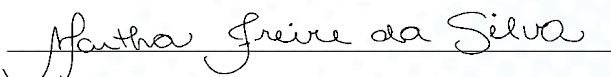


PROF. DR. BRUNO ETTORE PAVAN

ORIENTADOR



PROF. DR. ANTONIO FLÁVIO ARRUDA FERREIRA



PROFA. DRA. MARTHA FREIRE DA SILVA

ENGENHEIRA AGRÔNOMA, PROFESSORA ADJUNTA DO DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA, TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS E SÓCIO ECONOMIA

Uly Francine dos Santos Pache de Faria

ULLY FRANCINE DOS SANTOS PACHE DE FARIA

Aluno

Ilha Solteira (SP), 22 de julho de 2024.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe e irmão, Maria José e Gabriel, que mesmo com o sofrimento causado pela distância nunca deixaram de apoiar os meus sonhos. Isso foi essencial para que eu chegasse até aqui.

Ao meu namorado, Daniel, por ser minha base, incentivo e inspiração.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Bruno Pavan, pelos 3 anos de orientação, paciência e amizade.

À República Tcheca, que foi o meu lar e motivo de tantas alegrias.

Ao meu amigo Guilherme, que marcou os corações da turma LV e nunca será esquecido.

Aos mestres Patrícia Almeida, Marcelo Balduino e a Doutora Maria Eduarda Facioli Otoboni que ajudaram na execução do trabalho,

À Eldorado Brasil SA por fornecer o pomar como local para realização do trabalho, bem como sua colaboradora, a técnica de viveiro Mirian Veiga, por todo auxílio nos processos dentro da empresa e ao Doutor Leonardo Novaes Rossi pelo incentivo à pesquisa.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira por sempre incentivar a pesquisar e prover meios para isto.

Ao CNPq que concedeu a bolsa de estudos PIBIC nos anos de 2020 e 2021 atrelados a esse trabalho.

Aos demais professores do curso de Engenharia Agrônômica que contribuíram de forma direta ou indiretamente nesse trabalho.

RESUMO

Entre as espécies florestais plantadas com fins comerciais, o cultivo do Eucalipto se destaca devido a sua importância comercial na economia Brasileira. Assim há crescentes investimentos no cultivo da espécie, sendo necessários projetos de melhoramento genético e o aprimoramento de práticas de manejo, para garantir a resistência a pragas e doenças, adaptação ao clima e o incremento da produção de biomassa. Conforme os ideais supracitados, o presente trabalho tem como objetivo realizar o estudo do efeito da autofecundação e fecundação livre em *Eucalyptus spp.*, buscando assim compreender os efeitos da depressão por endogamia. Para tanto, utilizaram-se 5 matrizes híbridas de eucalipto nas quais, em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial de parcelas subdivididas, foram efetuadas avaliações de caracteres tecnológicos de frutos e sementes, tais como: comprimento, largura e massa dos frutos, índice de velocidade, porcentagem de germinação e número de sementes por 0,01 grama, porcentagem de germinação e índice de velocidade de emergência. Assim sendo, após a submissão dos dados, análises de variância e teste de médias, foram calculados os parâmetros genéticos desejados, como herdabilidade, efeito de dominância e depressão por endogamia. Concluiu-se então que a depressão por endogamia se manifesta de forma diferenciada nas diferentes matrizes de híbridos para caracteres de frutos e sementes, associada na presença ou não de carga genética.

Palavras chave: Auto-polinização; *Eucalyptus spp.*; Espécies Florestais; Melhoramento Genético; Polinização Livre.

ABSTRACT

Among the forest species planted for commercial purposes, Eucalyptus cultivation stands out due to its commercial importance in the Brazilian economy. Thus, there are increasing investments in the cultivation of the species, with a need for genetic improvement projects and the enhancement of management practices to ensure resistance to pests and diseases, adaptation to the climate, and increased biomass production. In accordance with the aforementioned ideals, the present work aims to study the effect of self-fertilization and free fertilization in *Eucalyptus spp.*, thus seeking to understand the effects of inbreeding depression. To this end, 5 eucalyptus hybrid matrices were used in which, in a completely randomized design with four replications in a factorial scheme of split plots, evaluations of technological characters of fruits and seeds were carried out, such as: length, width and mass of the fruits, speed index, germination percentage and number of seeds per 0,01 gram, germination percentage and emergence speed index. Therefore, after submitting the data to analysis of variance and test of means, the desired genetic parameters were calculated, such as heritability, dominance effect and inbreeding depression. It was concluded that inbreeding depression manifests differently across various hybrid matrices for fruit and seed traits, depending on the presence or absence of genetic load.

Keywords: Self-pollination; *Eucalyptus spp.*; Forest Species; Genetic Improvement; Free Pollination.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1	A CULTURA DO EUCALIPTO	9
2.2	MELHORAMENTO FLORESTAL	10
3	MATERIAL E MÉTODOS	13
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
5	CONCLUSÃO.....	22
	REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro possui atualmente 9,94 milhões de hectares de áreas de cultivos de espécies florestais, liderando a exportação mundial de celulose e consolidando a relevância do seguimento em dados econômicos nacionais, tendo uma receita bruta total de R\$ 260 bilhões em 2022. Muito desta importância social e econômica se deve ao gênero *Eucalyptus* que representa 76% da área total de árvores plantadas, ocupando 7,6 milhões de hectares do território nacional (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ, 2023).

A espécie *Eucalyptus grandis* se tornou a mais cultivada do país por apresentar uma ampla variabilidade genética, gerando híbridos ao cruzar com outras espécies do mesmo gênero, tendo uma expressiva capacidade de combinação com a espécie *Eucalyptus urophylla* (REZENDE; RESENDE, 2000; ASSIS, 2000; BAUDOUIN *et al.*, 1997; FERREIRA; SANTOS, 1997). Os híbridos gerados pelo cruzamento dessas espécies são muito utilizados na indústria florestal por apresentam maior produtividade e resistência a doenças (MOURA *et al.*, 1980), motivando assim a busca por novas técnicas de melhoramento que acelerem o processo de obtenção de novos híbridos.

De acordo com Sousa *et al.* (2021), tem-se utilizado o método de seleção recorrente como principal estratégia de melhoramento. Porém, devido ao ciclo longo das espécies florestais, os melhoristas tem adotado o uso de pomares de polinização controlada, mistas ou multiespécies utilizando cruzamentos baseados em clones. No entanto, essa estratégia está se mostrando ineficaz pois ignora a genética quantitativa e de populações (BESPALHOK FILHO *et al.*, 2007)

Para aumentar a rapidez nos ganhos por ciclo seletivo, pode-se optar pela utilização de progênies endogâmicas que possuem como benefício a manifestação de alelos deletérios nas populações, para que posteriormente seja possível eliminá-los, tornando consequentemente as populações melhoradas. Porém, faz-se necessário o estudo da depressão por endogamia nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura a fim de proceder com procedimentos ótimos de seleção (GOMES, 2018) A espécie *Eucalyptus grandis*, apesar de ser tida como alógama (PRYOR, 1976), possui 30% em sua taxa de autofecundação, possibilitando a condução de progênies endogâmicas (ELDRIDGE, 1978).

A autofecundação artificial é constantemente empregada em espécies alógamas no contexto da seleção recorrente e para obtenção de linhagens homozigóticas, onde posteriormente são utilizadas na produção de híbridos. Além disso em espécies florestais, pode-se aproveitar a autofecundação com intuito de gerar populações com segregação transgressiva

permitindo selecionar clones de grande vigor híbrido e capacidade produtiva (ODA, 2007).

Para tanto, faz-se necessário a compreensão da depressão por endogamia em frutos e sementes de *Eucalyptus* spp. permitindo a produção de mudas de maneira adequada para a correta exploração da técnica em populações de melhoramento florestal. Diante do contexto este trabalho possui como objetivo compreender os efeitos da depressão por endogamia em caracteres de frutos e sementes de *Eucalyptus grandis* x *urophylla*.

Portanto, formulou-se a hipótese que a depressão por endogamia já se manifesta na produção de frutos e sementes; ou o efeito da depressão pode ser insignificante que permite, ou não, a utilização de progênies autofecundadas para continuidade do programa de melhoramento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO EUCALIPTO

O gênero *Eucalyptus*, pertencente à família Myrtaceae, possui em torno de 680 espécies (MABBERLEY, 2008), podendo ocorrer em diversas condições ambientais, abrangendo solos pobres e férteis, diferentes temperaturas e níveis de precipitações (DE ASSIS, 1996). A maioria das espécies encontram-se na Austrália, Tasmânia e em Ilhas adjacentes na Oceania, e apesar da grande quantidade de espécies descritas, apenas 20 delas são utilizadas na indústria de base madeireira (PINTO JÚNIOR; SANTA ROSA; GOULART, 2014).

A espécie *Eucalyptus urophylla* tem ocorrência natural nas Ilhas ao leste da Indonésia e a sudeste do arquipélago de Sonda, no Timor, Wetar, Alor, Pantar, Lembata, Adonara e Flores (ELDRIDGE *et al.*, 1993). Já a espécie *Eucalyptus grandis* é originária da Austrália, principalmente dos estados de Queensland e New South Wales (MCMAHON *et al.*, 2010).

No ano de 1903, o Eucalipto, comercial, foi introduzido no Brasil por Edmundo Navarro de Andrade, que aspirava a produção de carvão, o reflorestamento de áreas nativas degradadas e para atender a demanda por energia e dormentes para as ferrovias paulistas (TEIXEIRA, 2023). Devido a característica de crescimento rápido, a espécie se tornou matéria-prima em indústrias de papel e celulose, sendo utilizada também como combustível (BRISOLAL *et al.*, 2011).

Todas as espécies possuem flores hermafroditas, ou seja, tendo órgãos masculinos e femininos na mesma flor. São em sua maioria alógamas, mas por possuírem um sistema reprodutivo misto, é possível que haja até 30% de autogamia (DE ASSIS, 1996). A protandria, aspecto que influencia na receptividade do estigma antes do período de viabilidade do pólen, favorece a alogamia. Porém, a autopolinização pode ocorrer devido a presença de flores em diversos estágios de maturação na mesma árvore (ELDRIDGE, 1978).

O processo de hibridação permite que a idade de corte seja reduzida, além de melhorar aspectos como a qualidade de madeira e aumento de produção. Nesse processo, utiliza-se a variabilidade genética natural, selecionando o material genético com parâmetros ideais (FERREIRA, 1992).

Materiais híbridos possuem um maior rendimento, são mais resistentes a pragas e doenças, além de se adaptarem com maior eficácia em diferentes condições ambientais (CRISTINA, 2004). Em termos de produtividade de plantios florestais, o Brasil se tornou

referência mundial, possuindo impressionantes números de produção anual de madeira por área em um curto período. Além das ótimas condições de clima e solo do país, significativos investimentos em pesquisa, aliados a técnicas de manejo florestal mais modernas e ao melhoramento genético, contribuem para o desenvolvimento crescente do setor (IBÁ, 2023).

2.2 MELHORAMENTO FLORESTAL

No Brasil, estudos científicos relacionados ao eucalipto foram iniciados por Edmundo Navarro de Andrade com o objetivo de atender a demanda de madeira necessária para a construção de ferrovias. Porém, a princípio Navarro não obteve sucesso, já que as plantações da cultura resultaram em baixas produtividade. Então em 1941, junto a Carlos Arnaldo Krug do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), atualmente Agência Paulista de Tecnologia Agropecuária, iniciou o primeiro programa de melhoramento genético no país (DE CARVALHO, 2000).

A região Sudeste do Brasil, concentra cerca de 56% dos plantios de eucalipto abrangendo um elevado número de espécies viáveis para cultivo. Os investimentos no melhoramento genético vêm principalmente de empresas voltadas à fabricação de papel e celulose. Tais programas focam em incrementar ganhos genéticos voltados às principais características de interesse, como o rendimento da celulose por hectare (PALUDZYSZYN FILHO, 2011).

Durante o período de 1980 a 1995, os programas de melhoramento utilizaram o método da propagação clonal, tendo como foco entre os híbridos *E. grandis* x *E. Urophylla* para tentar adaptar seus genótipos às condições do país. Na última década intensificaram os programas de seleção, dando ênfase a seleção recorrente recíproca para dessa forma obter híbridos interespecíficos superiores (CARVALHO, 2002). Métodos de propagação, hibridação e silvicultura clonal, devido à possibilidade do planejamento dos cruzamentos pela indução floral em genitores enxertados e conduzidos em casa de vegetação possibilitaram o aumento na produtividade dos plantios da espécie (ROCHA *et al.*, 2007).

A estratégia de hibridação artificial é considerada uma das principais propulsoras do crescimento de produtividade do eucalipto (ASSIS, 2014). Combinar a hibridação junto à clonagem tem mostrado resultados positivos, permitindo ganhos genéticos de forma rápida e eficiente. Vários cruzamentos híbridos apresentaram características como tolerância a estresses bióticos e abióticos, manifestação de heterose e qualidade da madeira dentro dos parâmetros desejados, resultando em indivíduos superiores em qualidade e adaptação (ASSIS, 2007),

porém inúmeros desafios são adicionados para a produção florestal.

Por ser uma cultura com longos ciclos de desenvolvimento, os progressos genéticos são diminutos, o que traz elevados custos para os programas de melhoramento genético, prejudicando dessa forma o aumento na produtividade da cultura (GRATTAPAGLIA, 2022).

De acordo com Dos Santos *et al.* (2017), faz-se necessária a busca de estratégias de melhoramento que visam acelerar a produção de novos híbridos. O êxito do melhoramento genético está diretamente associado no acerto da escolha dos melhores genitores das próximas gerações melhoradas (CRUZ; CARNEIRO, 2003). De acordo com Henderson *et al.* (1959) essa seleção consiste na predição de valores genéticos dos efeitos aleatórios do modelo estatístico, associado às observações fenotípicas, ajustando-se os dados aos efeitos fixos e ao número desigual de informações nas parcelas, por meio de metodologia de modelos mistos.

O método de seleção recorrente é a principal estratégia de melhoramento genético utilizada para a seleção de plantas alógamas (SOUSA *et al.*, 2021). De acordo com Wright (1980), comparações teóricas entre diferentes métodos de seleção recorrente indicaram maior eficiência no aumento da frequência dos genes favoráveis ao utilizar a seleção com base em progênies S1, principalmente quando existe dominância parcial ou completa sobre a característica em análise.

Existem inúmeros relatos atestando a eficiência da seleção recorrente no melhoramento genético de espécies alógamas. No caso da cultura do pepino, seleção recorrente com progênies de meios-irmãos e S1 tem sido utilizada para aumento de produtividade. Isto foi observado por Nienhuis e Lower (1988), que obtiveram ganhos de produtividade variando de 35 a 64% em três populações de pepino após três ciclos de seleção recorrente baseada em progênies S1, sendo maiores os ganhos com as populações com base genética mais ampla.

A obtenção de sementes híbridas via autofecundação é um processo difícil, já que a cultura do eucalipto demora a atingir a maturidade sexual (RESENDE *et al.*, 2023). Mas utilizar progênies advindas da autofecundação junto à clonagem mostrou-se um procedimento eficaz por resultar em uma maior variância genética aditiva entre famílias além de uma maior homogeneidade dentro das progênies quando cruzadas com outra “linhagem precoce”, o que aumenta a probabilidade de encontrar o indivíduo ideal para sua posterior clonagem (BELTRAME *et al.*, 2012; OLIVEIRA, PINTO JUNIOR, 2021).

Para obter linhagens puras, vigorosas e sadias, condições básicas para viabilizar a síntese de híbridos, as populações precisam ter alta frequência de alelos favoráveis para os caracteres de interesse e baixa frequência de alelos deletérios. A primeira condição é possível pela seleção recorrente, a segunda representa a depressão endogâmica pouco pronunciada. Ambas as

condições estão relacionadas, portanto, a expectativa é de que as populações continuamente submetidas a seleção devam ter maior capacidade geral de combinação e menor depressão quando autofecundada (VENCOSVSKY; BARRIGA, 1992).

De acordo com Paterniani e Miranda Filho (1987), a utilização de progênies endogâmicas no melhoramento de populações alógamas é recomendada para caracteres de baixa herdabilidade, já que a endogamia conduz o aumento da variância, entre as médias das progênies, enquanto a variância dentro das progênies diminui. Dessa forma, ocorre uma maior facilidade de seleção de genótipos e, conseqüentemente, determina um maior progresso genético.

Portanto, os efeitos da depressão por endogamia devem ser considerados para o aprimoramento dos programas de melhoramento do gênero *Eucalyptus*, considerando que as estimativas da depressão por endogamia permitem compreender sobre a estrutura genética das populações e do tipo de ação gênica predominante no controle genético dos caracteres (GRIFFIN; COTTERILL, 1988; HARDNER; POTTS, 1995).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 5 matrizes híbridas, sendo elas: E133, E08, E17, TCA 94 e 670, todas provenientes do pomar de polinização controlada pertencente a empresa Eldorado Brasil SA em Andradina-SP com coordenadas geográficas de 20° 51'S 51°21'O a 378 m de altitude, durante a safra de 2021 e entre os meses de janeiro e julho.

Foram efetuadas 80 autopolinizações por material genético e em 40 frutos foi realizado o cruzamento com polimix e polinização livre com intuito de garantir número adequando de frutos e sementes para continuidade do estudo.

Após a colheita dos frutos, secagem a sombra e despreendimento das sementes, essas foram separadas por repetição em placas de Petri e realizou-se a avaliação de caracteres biométricos de frutos e sementes descritos abaixo:

- diâmetro médio dos frutos (mm), com auxílio de paquímetro digital com precisão de 0,1mm;
- comprimento médio dos frutos (mm), com auxílio de paquímetro digital com precisão de 0,1mm;
- massa média dos frutos (g), com auxílio de balança de precisão em níveis de 0,01g;
- número médio de sementes por fruto; e
- número de sementes por grama.

Posteriormente foram separadas 80 sementes por material genético para cada forma de cruzamento procedendo com teste de germinação, para condução do experimento de germinação. As sementes de cada parcela experimental foram alocadas em caixas plásticas transparentes com substrato comercial inerte para produção de mudas de eucalipto onde foi feita a contagem diária de emergência das plântulas até não haver emergência de plântulas novas num intervalo de dois dias.

Neste experimento foram avaliados os seguintes caracteres:

- índice de velocidade de emergência calculado pelo somatório de sementes emergidas (E1, E2, E3...) divididas pelo número de dias até a germinação (N1, N2, N3...). Dada pela expressão de Maguire, 1962:

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \frac{E_3}{N_3} + \dots + \frac{E_N}{N_N}$$

- porcentagem de germinação dado por total de plantas emergidas por número total de sementes vezes 100.

Para todos os caracteres foi adotado delineamento inteiramente casualizado com esquema experimental de fatorial em parcelas subdivididas com cinco tratamentos (matrizes) por duas formas de polinização. Para os caracteres biométricos de frutos foi adotado quatro repetições de cinco frutos por árvore matriz e forma de polinização, já para os caracteres de germinação foi adotado quatro repetições com parcelas de 20 sementes por forma de polinização.

De posse dos dados, foi efetuada a análise de variância de modo a detectar as causas da variabilidade entre as matrizes e se o efeito de polinização é significativa e existe interação, sendo que adotou modelos mistos em que matrizes foram consideradas como efeitos aleatórios a forma de polinização com fixo.

Posteriormente foram estimados os parâmetros genéticos a partir das médias das progênies autofecundadas (M1) e de polinização livre (M0), sendo estas representadas por: $M_0 = \mu + a + d^* = A + d^*$ e $M_1 = \mu + a + \frac{1}{2}d^* = A + \frac{1}{2}d^*$, respectivamente, o que permite estimar os componentes $A = 2M_1 - M_0$ e $d^* = 2(M_0 - M_1)$, sendo A a média esperada de uma amostra aleatória de linhagens totalmente homozigóticas extraídas da população e d* a contribuição total dos heterozigotos para a média da população. A depressão por endogamia é estimada por $I = M_1 - M_0$, para 50% de homozigose esperada (Lima et al, 1992; Miranda Filho, 1999).

Após a análise inicial, foi efetuado o teste de médias a 5% de probabilidade pelo método de agrupamento de Skott e Knott e correlações fenotípicas e genotípicas adotando o critério de Carvalho *et al.* (2002): nula = 0; fraca = 0,1 a 0,30; média = 0,31 a 0,60; forte = 0,61 a 0,90; muito forte = 0,91 a 1, todas as análises foram efetuadas com auxílio do programa genético estatístico Genes (CRUZ, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre a matriz e o tipo de polinização foi significativa entre todos os caracteres (Tabela 1), mostrando que a matriz se comporta de formas diferentes de acordo com o tipo de polinização, influenciando no diâmetro, comprimento, número de sementes, massa e número de sementes por 0,01g, porém essa influência depende da carga genética presente em cada matriz. Sugerindo que a depressão por endogamia para caracteres de frutos depende do material genético avaliado, não havendo uma tendência generalizada para matrizes de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. Estopa *et al.* (2007) estudando caracteres tecnológicos de sementes e mudas também não verificou depressão por endogamia em clones de *Eucalyptus spp.*, porém estes autores estudaram um pequeno número de clones (dois), de forma que seus resultados não são representativos para espécie como um todo.

Assim, a depressão por endogamia em frutos e em caracteres tecnológicos de sementes e frutos aparentemente manifesta-se em indivíduos não apresentando um padrão para clones e matrizes de *Eucalyptus spp.* Fato que deve ser pelos híbridos de eucalipto podem ser usados tanto *E. urophylla* como mãe ou pai o que pode interferir na herança extra cromossômica modificando a manifestação da depressão em caracteres de sementes e frutos.

O componente quadrático da polinização (ϕ_s) se apresentou nulo para quase todas as variáveis (Tabela 1), exceto para três: NS, massa e NS 0,01 g, com os valores sendo 0,0171, 0,00003 e 1,9594, respectivamente. Relacionando a variável NS com a variância genotípica, observou-se a menor discrepância, onde a foi a variância genotípica (σ_g^2) foi duas vezes maior quando comparada as outras duas variáveis que foram pelo menos 15 vezes maiores, indicando baixa influência do tipo de polinização realizada.

As variâncias da interação genótipo por tipo de polinização (σ_{gp}^2) foram nulas ou de baixa magnitude quando comparadas com as variâncias genotípicas (σ_g^2) (Tabela 1), exceto para a variável NS 0,01 gramas, resultando no valor 9,3203 sugerindo que o tipo de polinização afeta a quantidade de sementes em cada matriz de forma diferenciada.

No estudo genético, a herdabilidade indica a proporção da variância genética em relação à variância fenotípica, expressando o valor fenotípico como um guia para o valor genético (FALCONER, 1987). Considerando que os valores da herdabilidade dependem da magnitude dos componentes de variância, quaisquer alterações neles influenciam no valor da herdabilidade, dessa forma, valores dos componentes de variância e herdabilidades são essenciais na determinação dos métodos mais eficientes de seleção (RESENDE *et al.*, 1995).

Os valores de herdabilidade (h_2) foram considerados altos para os caracteres de diâmetro, comprimento, massa, NS 0,01g, % de germinação e IVE (Tabela 1). O caractere de NS apresentou um valor médio. De acordo com Allard (1971), o coeficiente de herdabilidade varia de 0 a 100%. Coeficientes iguais ou próximos a zero indicam que a variabilidade do caráter não tem origem genética, sendo decorrente do efeito do ambiente, não havendo uma correlação entre valor genético e valor fenotípico. Para os caracteres de herdabilidade baixa, indicam que o caractere é altamente influenciado pelo ambiente, portanto fatores externos atrelados a polinização são mais importantes que os efeitos genéticos.

A herdabilidade e os demais parâmetros genéticos são de suma importância para sabermos se vamos ter consistência ou não na produção de sementes e mudas para o programa de melhoramento genético. Pode-se utilizar a autofecundação do eucalipto em programas de melhoramento pois ela não inviabiliza a produção de sementes e mudas (BORÉM *et.al*, 2021).

Os coeficientes de variação genotípica ($CV_g\%$) apresentaram valores altos em em todas as variáveis, exceto na variável NS, com 5,45. A existência de variação genética indica a possibilidade de melhoramento para esses caracteres com a obtenção de ganhos consideráveis com a seleção. Segundo Sebbenn *et al.* (1998) coeficientes de variação genética acima de 7% são considerados altos.

A relação coeficiente de variação genotípica e coeficiente de variação da parcela (r : relação $CV_g\%/CV_p\%$) (Tabela 1), com exceção para a variável NS (0,29), os valores das demais variáveis são superiores à unidade (>1). De acordo com Vencovsky (1987) a relação CV_g/CV_e (r), para que haja condições favoráveis a seleção, precisa ser maior que um. Portanto, as variáveis diâmetro, comprimento e massa apresentaram obtiveram r acima de um, possibilitando ganhos com a seleção para tais caracteres.

Tabela 1- Estimativas de parâmetros genéticos de matrizes de Eucalipto em relações às variáveis diâmetro (DIA), comprimento (COMP), número de sementes (NS), massa média de frutos (MS), Número de sementes em 0,01 gramas (NS GR), porcentagem de germinação (PG) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

Parâmetro	Variáveis						
	DIA	COMP	NS	MS	NS GR	PG	IVE
σ_g^2	1,6259	0,6736	0,0183	0,0009	30,1745	2,4897	0,0883
ϕ_s	0	0	0,0171	0,00003	1,9594	0	0
σ_{gp}^2	0,0276	0,0893	0,0482	0,00004	9,3203	0	0
h^2	99,01	97,95	39,63	98,32	97,60	96,39	97,60
Média	6,72	6,33	2,48	0,09	26,48	7,83	1,44
$CV_g(\%)$	18,97	12,97	5,45	32,47	20,75	20,15	20,59
$CV_p(\%)$	5,37	5,31	19,01	11,99	9,21	11,03	9,14
$CV_s(\%)$	4,96	6,01	23,51	16,22	8,68	12,92	9,90
$CV_r(\%)$	3,53	2,44	0,29	2,71	2,25	1,83	2,25

σ_g^2 : Variância genotípica; ϕ_s : Componente quadrático da polinização; σ_{gp}^2 : Variância da interação genótipo por tipo de polinização; h^2 : herdabilidade média; $CV_g(\%)$: Coeficiente de variação genotípico; $CV_p(\%)$: Coeficiente de variação da parcela; $CV_s(\%)$: Coeficiente de variação da subparcela; $CV_r(\%)$: Coeficiente de variação relativa.

As matrizes agruparam-se diferentemente para todos os caracteres exceto para NS e NS0,1g na polinização livre (Tabela 2). De forma que aparentemente há variabilidade genética para todos os caracteres avaliados quando a forma de polinização foi autofecundação. Famílias autofecundadas possuem maior variabilidade genética entre e menor dentro, facilitando a discriminação dos materiais genéticos (Vencovisk, 1992), dessa forma acelerando o progresso com a seleção por ciclo seletivo em métodos de seleção recorrente.

No caso da matriz E133, não houve uma diferença estatística nas variáveis de número de sementes e número de sementes por 0,01gramas, em contrapartida, houve uma diferença estatística entre as formas de polinização para as seguintes variáveis: diâmetro, comprimento, massa média dos frutos, porcentagem de germinação, índice de velocidade de emergência.

A matriz E08 apresentou diferença nas variáveis de comprimento, número de sementes, massa média dos frutos, número de sementes em 0,01 gramas e porcentagem de germinação. Nas demais variáveis não houve diferença. Já a matriz E17 apresentou diferença apenas nas seguintes variáveis: número de sementes em 0,01 gramas, porcentagem de germinação e índice

de velocidade de emergência.

A matriz TCA94 se diferenciou apenas nas variáveis de comprimento e número de sementes em 0,01 gramas. A matriz 670 apresentou diferença para as variáveis comprimento, número de sementes em 0,01 gramas e porcentagem de germinação. Portanto, em termos de polinização a maioria das médias das variáveis não se diferenciaram.

De acordo com as médias (Tabela 2), é possível visualizar que cada matriz apresentou distinção nas variáveis avaliadas, dessa forma, é possível estimar os valores para a depressão por endogamia.

A matriz TCA94 não apresentou índices de depressão por endogamia na maioria das variáveis avaliadas. Já a matriz 670 apresentou as seguintes variáveis sem índice de depressão: diâmetro, massa média dos frutos, número de sementes por 0.01 gramas e porcentagem de germinação. No caso da matriz E08 as variáveis sem índices foram: número de sementes por 0.01 gramas, porcentagem de germinação, índice de velocidade de emergência.

Em termos de depressão por endogamia, as matrizes com os resultados insignificantes foram a E17 e E133, onde as variáveis sem índices depreciativos foram respectivamente: número de sementes, massa média dos frutos e número de sementes por 0,01 gramas, índice de velocidade de emergência.

Portanto, a matriz que se destacou na autopolinização foi a TCA94. A que menos se destacou foi a matriz E133, sendo altamente prejudicada pela depressão por endogamia. As matrizes E133, E08 e 670 apresentaram uma significativa depressão por endogamia no caso da variável número de sementes, consequentemente causando uma redução nas sementes produzidas, sendo esse um fator que prejudica um programa de melhoramento genético, já que com a utilização da autopolinização podem chegar a 100% de homozigose logo na primeira polinização, prejudicando a continuidade do programa. A variável que mais é afetada pela depressão por endogamia é o comprimento do fruto e a menos afetada é o número de sementes por 0,01gramas.

Tabela 2 - Testes de médias para as matrizes de *Eucalyptus urograndis* e Índices de depressão por endogamia das progênies autopolinizadas e de polimix

Matriz	Diâmetro					Comprimento				
	Auto	MIX	A	d	I	Auto	MIX	A	d	I
E133	8,40Ba	8,92Aa	7,88	1,04	-0,5	5,59Bb	6,33Ab	4,85	1,48	-0,74
E08	6,13Ac	6,15Ac	6,11	0,04	-0,0	5,73Bb	6,59Ab	4,87	1,71	-0,86
E17	5,41Ad	5,59Ac	5,23	0,36	-0,2	6,78Aa	6,81Ab	6,75	0,06	-0,03
TCA94	6,15Ac	5,78Ac	6,52	-0,74	0,37	5,64Ab	4,90Bc	6,38	-1,48	0,74
670	7,58Ab	7,11Ab	8,05	-0,94	0,47	7,18Ba	7,72Aa	6,65	1,07	-0,54

Matriz	Número de Sementes					Massa Média dos Frutos				
	Auto	MIX	A	d	I	Auto	MIX	A	d	I
E133	3,25Bb	7,15Aa	-0,65	7,80	-3,9	0,12Ba	0,16Aa	0,09	0,07	-0,03
E08	3,75Bb	8,10Aa	-0,60	8,70	-4,4	0,07Bb	0,09Ac	0,04	0,05	-0,02
E17	8,00Aa	7,85Aa	8,15	-0,30	0,15	0,08Ab	0,09Ac	0,08	0,01	0,00
TCA94	6,90Aa	4,20Aa	9,60	-5,40	2,70	0,07Ab	0,06Ad	0,07	-0,02	0,01
670	4,30Aa	6,70Aa	1,90	4,80	-2,4	0,12Aa	0,12Ab	0,11	0,01	0,00

Matriz	Número Sementes em 0.01 gramas					Porcentagem de Germinação				
	Auto	MIX	A	d	I	Auto	MIX	A	d	I
E133	17,50Ac	16,25Ad	18,75	-2,50	1,25	72,50Bc	78,75Ac	66,25	12,5	-6,25
E08	31,75Aa	26,00Bb	37,50	-11,5	5,75	87,50Aa	85,00Bb	90,00	-5,00	2,50
E17	27,00Bb	33,00Aa	21,00	12,00	-6,0	86,25Bb	88,33Aa	84,18	4,15	-2,08
TCA94	32,75Aa	27,50Bb	38,00	-10,5	5,25	36,25Ae	36,25Ae	36,25	0,00	0,00
670	32,00Aa	21,00Bc	43,00	-22,0	11,0	65,00Ad	62,50Bd	67,50	-5,00	2,50

Matriz	Índice de Velocidade de Emergência				
	Auto	MIX	A	d	I
E133	1,53Ac	1,33Bc	1,33Bc	1,33Bc	1,33Bc
E08	2,43Ab	2,33Ab	2,33Ab	2,33Ab	2,33Ab
E17	2,63Ba	2,90Aa	2,90Aa	2,90Aa	2,90Aa
TCA94	0,58Ad	0,68Ad	0,68Ad	0,68Ad	0,68Ad
670	1,40Ac	1,48Ac	1,48Ac	1,48Ac	1,48Ac

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas pertencem ao mesmo grupo pelo método de Scott-Knott a 5%. Auto: autopolinizadas; MIX: polimix; A: média esperada de uma amostra aleatória de linhagens totalmente homozigóticas extraídas da população; d: contribuição total dos heterozigotos para a média da população; I: depressão por endogamia.

Para interpretar as correlações deve-se analisar a magnitude, a direção e significância, onde correlações positivas indicam a tendência de uma variável aumentar quando a outra aumenta. Já as correlações negativas indicam que quando uma variável aumenta a outra tende a diminuir (NOGUEIRA *et al.*, 2012).

De acordo com a tabela 3, a variável diâmetro teve correlação fenotípica positiva e de alta magnitude com a massa média dos frutos (0,92), isso indica que quanto maior o diâmetro do fruto, maior será a sua massa. Também ocorreram duas correlações fenotípicas de baixa magnitude, sendo o comprimento (0,08) e o índice de velocidade de emergência (0,27),

indicando que o diâmetro não influencia na qualidade da semente.

As variáveis número de sementes (-0,68), porcentagem de germinação (-0,01) e porcentagem de plântulas normais (-0,42) apresentaram correlações fenotípicas negativas de baixa e média magnitude (Tabela 3).

A variável número de sementes por 0,01g apresentou correlação fenotípica negativa de alta magnitude (-0,95), indicando que quanto maior o diâmetro, mais leves são as sementes e menor a quantidade de sementes, ou seja, ter um fruto de maior diâmetro resulta em um efeito negativo (Tabela 3).

De acordo com Lorenzi *et al.* (2003) os frutos advindos do *Eucalyptus grandis* possui em média 7mm de diâmetro. Já os frutos do *Eucalyptus urophylla* possuem uma média de 8,48 mm de diâmetro (SCANAVACA JUNIOR, 2001). Portanto, o híbrido que adquirir características genéticas mais parecidas com o *Eucalyptus urophylla* tende a ter maiores problemas com a produção de sementes.

Para a variável comprimento o diâmetro (0,07), número de sementes (0,31), massa média dos frutos (0,41) e número de sementes em 0,01g gramas (0,05) as correlações fenotípicas foram positivas e de baixa e média magnitude. Já a porcentagem de germinação (-0,92), índice de velocidade de emergência (-0,86) e porcentagem de plântulas normais (-0,85) foram negativas de alta magnitude (Tabela 3).

Em relação a variável número de sementes, todas as correlações fenotípicas foram de baixa e média magnitude. Para a massa média dos frutos se destacam as correlações fenotípicas de alta magnitude com número de sementes (-9,1) e número de sementes em 0,01g (-0,89) (Tabela 3).

Para o índice de velocidade de emergência, as correlações fenotípicas positivas de alta magnitude são a porcentagem de germinação (0,93) e porcentagem de plântulas normais (0,99) (Tabela 3).

De acordo com a tabela 3, nas relações genotípicas destaca-se o diâmetro com o número de sementes (-1,49) sendo negativo e de alta magnitude. A porcentagem de plântulas normais apresentou alta magnitude e correlação genotípica positiva em relação a porcentagem de germinação (0,94) e com o índice de velocidade de emergência (0,99). Indicando que o tamanho do fruto nem sempre pode estar ligado a quantidade de sementes, ou seja, o fruto pode ter um diâmetro e comprimento considerados grandes e mesmo assim não ter a quantidade de sementes ideal.

A porcentagem de germinação para correlação genotípica é negativa para as variáveis diâmetro (-0,01), comprimento (0,92), número de sementes (-0,12), média da massa dos frutos

(0,26) e número de sementes em 0,01g (0,21). E é positiva e de alta magnitude para as variáveis índice de velocidade de emergência (0,93) e porcentagem de plântulas normais (0,99).

Tabela 3- Correlações fenotípicas e genotípicas para as variáveis de diâmetro, comprimento, número de sementes, massa média dos frutos, número de sementes em 0.01 gramas, porcentagem de germinação, índice de velocidade de emergência e porcentagem de plântulas normais; em frutos e sementes de eucalipto

Variáveis	DIA	COMP	NS	MMF	NS0.01g	%GER	IVE	%PN
DIA	-	0,08	-0,68	0,92	-0,95	-0,01	0,27	-0,42
COMP	0,07	-	0,31	0,41	0,05	-0,92	-0,86	-0,85
NS	-1,49	0,59	-	-0,39	0,52	-0,12	-0,26	0,20
MMF	0,92	0,40	-0,91	-	-0,89	-0,26	0,01	-0,60
NS0.01g	-0,97	0,05	1,12	-0,91	-	-0,21	-0,46	0,20
%GER	-0,01	-0,96	-0,28	-0,28	-0,23	-	0,92	0,91
IVE	0,27	-0,89	-0,55	0,00	-0,48	0,93	-	0,99

DIA: diâmetro; COMP: comprimento; NS: número de sementes; MMF: massa média dos frutos; NS0.01g: número de sementes em 0.01 gramas; %GER: porcentagem de germinação; IVE: índice de velocidade de emergência; %PN: porcentagem de plântulas normais.

5 CONCLUSÃO

A depressão por endogamia depende da matriz para caracteres de frutos e sementes, associada na presença ou não de carga genética, resultando em uma tendência não generalizada para matrizes desses híbridos avaliados.

Para obter sucesso no programa de melhoramento genético tendo uma produção de sementes autopolinizadas em quantidade adequada, é necessário que se efetue os processos de autopolinização em grande quantidade de botões florais, já que não é possível prever o comportamento da árvore matriz.

REFERÊNCIAS

- ALLARD, R. W. Princípio do melhoramento genético de plantas. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1971, 485 p.
- ASSIS, T.F. Production and use of Eucalyptus hybrids for industrial purposes. In: Hybrid Breeding and Genetics of Forest Trees, 2000, Noosa. Proceedings. Brisbane: Department of Primary Industries, 2000. p. 63-74.
- ASSIS, T.F.; Mafia, R.G. (2007). Hibridação e clonagem de Eucalyptus. In: Borém, A. (ed.), Biotecnologia Florestal. Viçosa: Editora UFV. p.93-121.
- ASSIS, T. F. Melhoramento genético de Eucalyptus: desafios e perspectivas. 2014. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA. 3., 2014, Campinas. Anais... Curitiba: Malinowski, 2014.
- BAUDOUIN, L.; BARIL, C.; CLÈMENT-DEPAGE, A.; LEROY, T.; PAULIN, D. Recurrent selection of tropical tree crops. Euphytica, Wageningen, v. 96, n. 1, p. 101-114, 1997.
- BESPALHOK, F., GUERRA, E., & OLIVEIRA, R. (2007). Noções de Genética Quantitativa. BESPALHOK FJC
- BORÉM, Aluizio; MIRANDA, Glauco V.; FRITSCHÉ-NETO, Roberto. Melhoramento de plantas. Oficina de textos, 2021.
- BRISOLAL, Susan Hussar; DEMARCO, Diego. Análise anatômica do caule de Eucalyptus grandis, E. urophylla e E. grandis x urophylla: desenvolvimento da madeira e sua importância para a indústria Stem anatomical analysis of Eucalyptus grandis, E. urophylla and E. grandis x urophylla: wood development and its industrial importance. Scientia Forestalis, v. 39, n. 91, p. 317-330, 2011.
- CARVALHO, C.G.P. et al. Interação genótipo x ambiente no desempenho produtivo da soja no Paraná. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 37, p. 989- 1000, 2002.
- CRISTINA, K. Melhoramento de essências florestais. Revista da madeira, v.14, n.83, p.60-62, 2004.
- CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. Acta Scientiarum. v.35, n.3, p.271-276, 2013
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa:Universidade Federal de Viçosa, 2003. v.2. 585 p.
- DE RESENDE, Marcos Deon Vilele. Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo. Embrapa Florestas-Documents (INFOTECA-E), 2004.
- DOS SANTOS, Paulo Eduardo Telles et al. Melhoramento genético e lançamento de cultivares. 2021.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARWOOD, C.; WYK, G.V. Eucalypt domestication and breeding. Clarendon Press, Oxford, 1993. 288 p.

DE CARVALHO, Agnaldo Donizete Ferreira. Histórico do melhoramento genético de eucalipto no Brasil. 2000.

ELDRIDGE, K. G. Genetic Improvement of Eucaliptos. *Silvae Genética*, 27 (5): 173- 216, 1978.

EMATNÉ, H. J. Seleção recorrente intrapopulacional em milho pipoca. 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

ESTOPA, Regiane Abjaud et al. Desempenho dos descendentes de clones de *Eucalyptus* spp. autofecundados e cruzados. *CERNE*, v. 13, n. 3, p. 264-270, 2007.

FALCONER, D.S. Introdução à genética quantitativa Viçosa : Universidade Federal de Viçosa, 1987. 279p.

FERREIRA, M.; SANTOS, P.E.T. Melhoramento genético florestal do *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas. In: IUFRO Conference on Silviculture and Improvement of *Eucalyptus*, 1997, Salvador. Proceedings. Colombo: Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, 1997. v. 1, p. 14-34.

FERREIRA, M. O Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal. IPEF, Piracicaba, n.45, p.22-30, 1992.

GOMES, M. A. B. Depressão por endogamia para caracteres tecnológicos de sementes e mudas de eucalipto, 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Julio de Mesquita Filho, São Paulo, 2018.

GRATTAPAGLIA, Dario. Twelve years into genomic selection in forest trees: climbing the slope of enlightenment of marker assisted tree breeding. *Forests*, v. 13, n. 10, p. 1554, 2022.

GRIFFIN, A. R.; COTTERILL, P. P. Genetic variation in growth of outcrossed, selfed and open-pollinated progenies of *Eucalyptus regnans* and some implications for breeding strategy. *Silvae Genetica*, Frankfurt, v. 37, n. 3/4, p. 124-131, 1988.

HARDNER, C. M.; POTTS, B. M. Inbreeding depression and changes in variation after selfing in *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*. *Silvae Genetica*, v. 44, n. 1, p. 46-54, 1995.

HENDERSON, C. R.; KEMPTHORNE, O.; SEARLE, S. R.; KROSIGK VON, C. M. The estimation of environmental and genetic trends from records subject to culling. *Biometrics*, v.15, n. 6, p. 192-218, 1959.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Relatório anual: ano base 2022. Brasília: IBA, 2023.

LIMA, M.; FURLANI, P. R.; MIRANDA FILHO, J. B. Divergent selection for aluminum tolerance in a maize (*Zea mays* L.) population. *Maydica*, Bergamo, v. 37, p. 123-132, 1992.

Lorenzi, H.; Souza, H.M.; Torres, M.A.V.; Bacher, L.B. Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Plantarum. 272p, 2003.

MABBERLEY, D.J. *Mabberley's plant-book: a portable dictionary of plants, their classifications, and uses*. 3ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 1040p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, v. 02, n. 01, p. 176-177, 1962.

MCMAHON, L.; GEORGE, B.; ROBYN, H. *Eucalyptus grandis*. Prime fact, set. 2010. Disponível em: Acesso em 28 dez. 2015.

MIRANDA FILHO, J. B. Inbreeding Depression and Heterosis. In: COORS, J. G.; PANDEY, S. (Ed.). *Genetic and exploitation of heterosis*. Madison: Crops. American Society Agronomy, 1999. p. 69-80.

MIRANDA FILHO, J.B.; VIEGAS, G.P. Milho Híbrido. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (Ed). *Melhoramento e produção de milho*. Campinas, Fundação Cargil, v.1, p.277-340, 1987.

MOURA, V.P.G.; CASER, R.L; ALBINO, J.C; GUIMARÃES, D.P.; MELO, J.T.; COMASTRI, S.A. Avaliação de espécies de *Eucalyptus* em Minas Gerais e Espírito Santo: resultados parciais. Brasília: Embrapa-CPAC, 1980. 104p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 1).

NIENHUIS J; LOWER RL. 1988. Comparison of two recurrent selection procedures for yield in two pickling cucumber populations. *Journal of American Society for Horticultural Science*.

NOGUEIRA, A. P. O. et al. E. Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 877-888, 2012

ODA, Shinitiro et al. *Melhoramento florestal*. Biotecnologia Florestal. Viçosa: UFV, p. 51-71, 2007.

PALUDZYSZYN FILHO, Estefano; DOS SANTOS, Paulo Eduardo Telles. Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas. 2011.

PATERNIANI, E; MIRANDA FILHO, J.B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (Ed). *Melhoramento e produção de milho*. Campinas, Fundação Cargil, v.1, p.217-274, 1987.

PRYOR, L.D. *Biology of Eucalyptos*. Canberra, Edward Arnold, 1976. 78 p. (Studies in Biology, 61).

PINTO JÚNIOR, J. E.; SANTAROSA, E.; GOULART, I. C. G. dos R. Histórico do cultivo de eucalipto. In: SANTAROSA, E.; PENTEADO JÚNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. dos R.

(ed.). Transferência de Tecnologia Florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. Brasília: Embrapa, 2014. Cap. 1. p. 11-12. (Embrapa Florestas).

RESENDE, Rafael Tassinari; BORÉM, Aluizio; LEITE, Helio Garcia (Ed.). Pinus: do plantio à colheita. Oficina de Textos, 2023.

RESENDE, M.D.V. et al. Acurácia seletiva, intervalos de confiança e variância de ganhos genéticos associados a 22 métodos de seleção em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Revista Floresta, Curitiba, v.24, n.1/2, p.35-45, 1995.

REZENDE, G.D.S.P.; RESENDE, M.D.V. Dominance effects in *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* and hybrids. In: Hybrid Breeding and Genetics of Forest Trees, 2000.

ROCHA, M. G. B.; PIRES, I. E.; ROCHA, R. B.; XAVIER, A.; CRUZ, C. D. Seleção de genitores de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla* para produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/ BLUP e informação de divergência genética. Revista Árvore, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 977-987, 2007.

SEBBENN, A. M. et al. Parâmetros genéticos na conservação da Cabreúva - *Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. Scientia Forestalis, n. 53, p. 31- 38, 1998

SCANAVACA JUNIOR, Laerte. Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do *Eucalyptus urophylla* ST Blake e de seu potencial para utilização em serraria. 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SOUSA, V. A. de, Aguiar, A. V. de, & PINTO JUNIOR, J. E. (2021). Manuseio de pólen e produção de híbridos de *Eucalyptus* e *Corymbia*.

TEIXEIRA, Georgia et al. Impactos ambientais do eucalipto: um estudo comparativo entre Brasil e Portugal. 2023.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. (Ed.). Melhoramento e a produção de milho no Brasil. Piracicaba: Fundação Cargil, 1987. p.137-214.

VENCOSVSKY, R.; BARRIGA, P.1. Genética Biométrica no Fitomelhoramento. 1.ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 54-55 p.

WRIGHT, A. J. The expected efficiencies of half-sib, testcross and S1 progeny testing methods in single population improvement. Heredity, v.45, p.361-373, 1980.