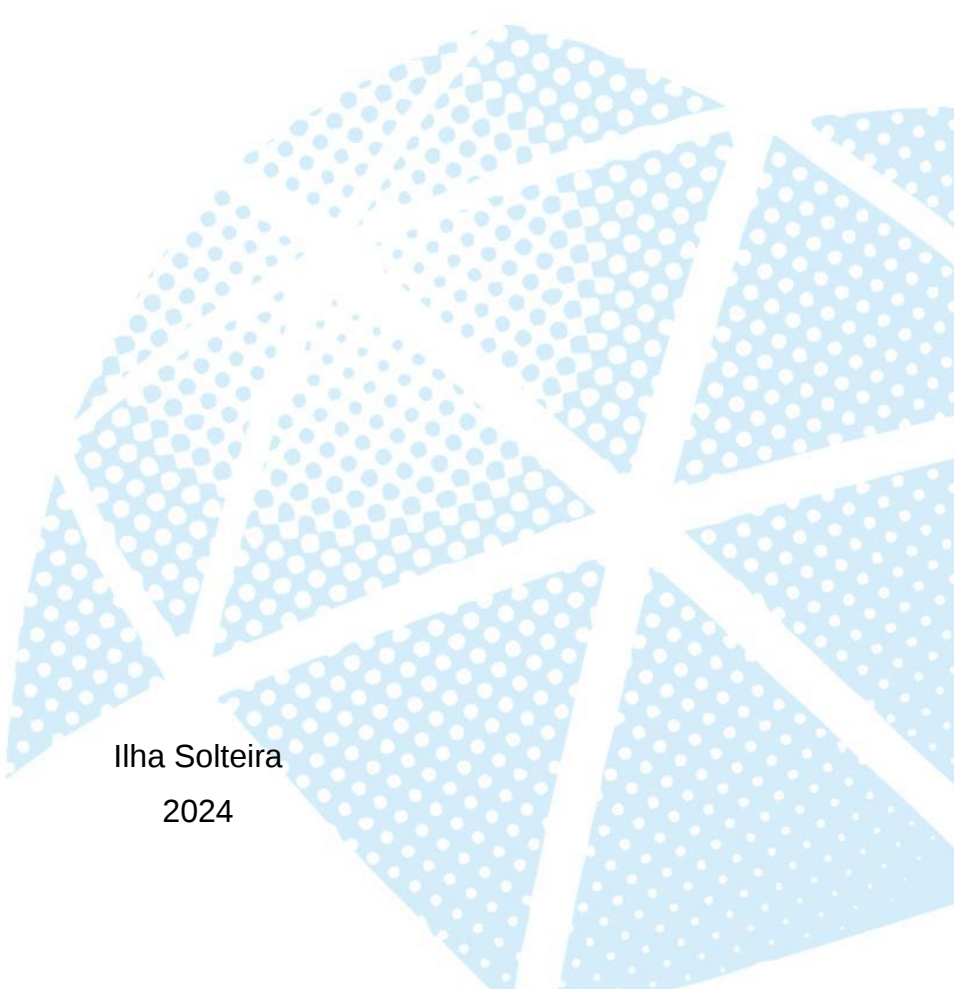


**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

PATRÍCIA DE ALMEIDA

**DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA PARA CARACTERES DE FRUTOS E
SEMENTES EM MATRIZES DE *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* E
*Eucalyptus urograndis***



Ilha Solteira
2024

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

PATRÍCIA DE ALMEIDA

**DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA PARA CARACTERES DE FRUTOS E
SEMENTES EM MATRIZES DE *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* E
*Eucalyptus urograndis***

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre. Curso de Mestrado: Genética, Melhoramento Vegetal e Propagação de Plantas

Orientador: **Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan**

Ilha Solteira

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvida pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

A447d Almeida, Patrícia de.
Depressão por endogamia para caracteres de frutos e sementes em matrizes de *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis* / Patrícia de Almeida . -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
41 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2024

Orientador: Bruno Ettore Pavan
Inclui bibliografia

1. Perda de vigor. 2. Homozigose. 3. Myrtaceae.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Impacto potencial desta pesquisa é auxiliar na eficiência da seleção e no melhoramento de espécies de eucalipto (*Eucalyptus* spp.), estudando características genéticas nos caracteres de frutos e sementes.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The potential impact of this research is to assist in the efficiency of selection and improvement of eucalyptus species (*Eucalyptus* spp.), studying genetic characteristics in fruit and seed characters.

IMPACTO POTENCIAL DE ESTA INVESTIGACIÓN

El impacto potencial de esta investigación es coadyuvar en la eficiencia de la selección y mejoramiento de especies de eucaliptos (*Eucalyptus* spp.), estudiando características genéticas en frutos y semillas.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Depressão por endogamia para caracteres de frutos e sementes em matrizes de *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis*

AUTORA: PATRÍCIA DE ALMEIDA

ORIENTADOR: BRUNO ETTORE PAVAN

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia, especialidade: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. BRUNO ETTORE PAVAN (Participação Presencial)
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Socio-Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Pesquisador Dr. LEONARDO NOVAES ROSSE (Participação Presencial)
Departamento de Tecnologia Florestal / Eldorado Brasil Celulose S/A

Profa. Dra. RENATA NEGRI DOS SANTOS (Participação Presencial)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Ilha Solteira, 08 de fevereiro de 2024

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a mim, ou melhor, dedico esta dissertação as minhas várias versões.

Para a Patrícia de 2020, que iniciou o ano como aluna especial, que estava com muito medo e totalmente perdida.

Para a Patrícia de 2021, que passou a ser aluna regular, que não queria estar cursando o Mestrado.

Para a Patrícia de 2022, a que se apaixonou pelo Mestrado e agradeceu por não ter desistido.

Para a Patrícia de 2023, a que conseguiu um emprego e que tinha certeza que ia enlouquecer.

E por fim, para a Patrícia de 2024, que venceu tantas lutas internas e conseguiu concluir esta dissertação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Primeiramente e principalmente à DEUS, pelo dom da vida concedido a mim, por guiar, abençoar e iluminar os meus passos a cada instante da minha vida, mantendo a minha fé sempre renovada. Aos meus pais Osmar e Maria Vera por todo o amor e apoio dedicado a mim durante toda a minha vida e principalmente durante os anos de mestrado; aos meus queridos e amados irmãos por sempre estarem comigo e me incentivarem a seguir meus sonhos e a batalhar pelo meu espaço; aos meus queridos sobrinhos que amo eternamente e aos meus padrinhos Gabriel (*In memoriam*) e Maria José. Obrigada por serem a minha família. E aos demais familiares e parentes que demonstraram orgulho por mim. Ao meu professor e orientador Bruno Ettore Pavan por toda dedicação e apoio durante todo o tempo da realização deste trabalho, tanto na prática quanto escrita, obrigada por me orientar; aos alunos integrantes do grupo de Melhoramento Genético de Plantas por toda ajuda no trabalho de campo, na condução do experimento, obrigada pelo carinho e atenção.

A todos os professores que lecionaram durante o período das aulas, obrigada por me ensinarem tudo o que sei hoje. Aos integrantes da banca, meu muito obrigada. Aos amigos que estiveram junto a mim nesta jornada, principalmente à Maria Eduarda Facioli Otoboni e Mirian Veiga de Brito. Por fim agradeço à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia – Campus de Ilha Solteira por oferecer o Curso de Mestrado em Agronomia; e a Empresa Eldorado Brasil S.A por fornecer os materiais e o espaço do pomar de hibridação, sem os quais eu não estaria realizando este trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Eternamente grata.

“O que que é isso, pai?
É a resposta pra todos os problemas da vida.
Pipoca.”
A Fuga das Galinhas: A Ameaça dos Nuggets,
adaptação cinematográfica.

RESUMO

A dissertação tem por objetivo verificar a obtenção de famílias de autopolinização em matrizes de eucalipto das espécies *Eucalyptus urophylla*, *E. grandis* e híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* e suas implicações na variabilidade genética e na depressão por endogamia em caracteres de frutos e sementes. Em quatorze matrizes, divididas em cinco para *Eucalyptus urophylla* e híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* e quatro para *E. grandis*; foram avaliados caracteres de frutos e sementes em duas formas de polinização, autopolinização e polinização cruzada, avaliando diâmetro do fruto, comprimento do fruto, número de sementes por fruto, massa média dos frutos, porcentagem de emergência de plântulas, índice de velocidade de emergência de plântulas e número de sementes por 0.01 gramas. Foi empregado o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições em esquema fatorial simples com restrição de matrizes dentro de espécie. Efetuou-se o desdobramento das médias da interação matriz x polinização e calculou-se os parâmetros para os índices de depressão por endogamia. Observou-se que a matriz TCA94, não apresenta depressão por endogamia para nenhum caractere avaliado, enquanto as matrizes URO180 e GRD144, apresentam depressão para quase todos os caracteres, exceto número de sementes por 0.01 gramas para ambos.

Palavras-chave: perda de vigor; homozigose; Myrtaceae.

ABSTRACT

The dissertation aims to verify the obtainment of self-pollination families in eucalyptus matrices of the species *Eucalyptus urophylla*, *E. grandis* and hybrid *E. urophylla* x *E. grandis* and their implications for genetic variability and inbreeding depression in fruit and seed traits. In fourteen matrices, divided into five for *Eucalyptus urophylla* and hybrid *E. urophylla* x *E. grandis* and four for *E. grandis*; fruit and seed characters were evaluated in two forms of pollination, self-pollination and cross-pollination, evaluating fruit diameter, fruit length, number of seeds per fruit, average fruit mass, percentage of seedling emergence, seedling emergence speed index, seedlings and number of seeds per 0.01 grams. A completely randomized design was used with four replications in a simple factorial scheme with restriction of matrices within species. The means of the matrix x pollination interaction were broken down and the parameters for inbreeding depression indices were calculated. It was observed that the TCA94 matrix does not present inbreeding depression for any character evaluated, while the URO180 and GRD144 matrices present depression for almost all characters, except number of seeds per 0.01 grams for both.

Keywords: loss of vigor; homozygosity; Myrtaceae.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Polinização artificial via protoginia induzida (transferência do pólen do palito de madeira esterilizado para a ponta cortada do opérculo) em matriz de *Eucalyptus* spp. pertencente a Eldorado Brasil SA em pomar de hibridação localizado em Andradina-SP..... 23
- Figura 2** - Processo de maturação do fruto, onde se pode confirmar que a polinização artificial foi bem sucedida em matriz de *Eucalyptus* spp. pertencente a Eldorado Brasil em pomar de hibridação localizado em Andradina-SP..... 24
- Figura 3** - Processo final de maturação do fruto, fase que antecede a colheita dos frutos, em matriz de *Eucalyptus* spp. pertencente a Eldorado Brasil em pomar de hibridação localizado em Andradina-SP..... 24
- Figura 4** - Disposição das caixas gerbox com substrato florestal e vinte sementes para cada matriz e tipo de polinização com quatro repetições instalados no Laboratório de Tecnologia de Sementes da FEIS/UNESP..... 26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Matrizes selecionadas pelo maior índice de florescimento pertencentes a Eldorado Brasil SA, instaladas em pomar de hibridação em Andradina-SP.....	22
Tabela 2 -	Quadrados médios das matrizes de <i>Eucalyptus urophylla</i> , <i>E. grandis</i> e <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> em relação aos caracteres diâmetro do fruto (DIA), comprimento do fruto (COMP), número de sementes por fruto (NS), massa média dos frutos (MMF), número de sementes em 0.01 gramas (NS 0.01g), porcentagem de germinação de plântulas (EM%) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE).....	27
Tabela 3 -	Desdobramento de médias de diâmetro do fruto e comprimento do fruto de matrizes de <i>Eucalyptus urophylla</i> , <i>E. grandis</i> e Híbridas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> e Índices de depressão (A: média esperada em homozigose; d: contribuição de heterozigotos; l: depressão por endogamia) por endogamia das progênes autopolinizadas (Auto) de polinização cruzada (Cruzada) em pomar de hibridação pertencente a Eldorado Brasil SA em Andradina-SP.....	29
Tabela 4 -	Desdobramento de médias de número de sementes por fruto e massa média dos frutos de matrizes de <i>Eucalyptus urophylla</i> , <i>E. grandis</i> e Híbridas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> e Índices de depressão (A: média esperada em homozigose; d: contribuição de heterozigotos; l: depressão por endogamia) por endogamia das progênes autopolinizadas (Auto) de polinização cruzada (Cruzada) em pomar de hibridação pertencente a Eldorado Brasil SA em Andradina-SP.....	32
Tabela 5 -	Desdobramento de médias de porcentagem de germinação de plântulas e índice de velocidade de emergência de plântulas de matrizes de <i>Eucalyptus urophylla</i> , <i>E. grandis</i> e Híbridas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> e Índices de depressão (A: média esperada em homozigose; d: contribuição de heterozigotos; l: depressão por endogamia) por endogamia das progênes autopolinizadas (Auto) de polinização cruzada (Cruzada) em pomar de hibridação pertencente a Eldorado Brasil SA em Andradina-SP.....	34
Tabela 6 -	Desdobramento de médias de números de sementes por 0.01 gramas de matrizes de <i>Eucalyptus urophylla</i> , <i>E. grandis</i> e Híbridas de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> e Índices de depressão (A: média esperada em homozigose; d: contribuição de heterozigotos; l: depressão por endogamia) por endogamia das progênes autopolinizadas (Auto) de polinização cruzada (Cruzada) em pomar de hibridação pertencente a Eldorado Brasil SA em Andradina-SP.....	35

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

spp.	Espécie
<i>E.</i>	<i>Eucalyptus</i>
%	por cento
m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹	metros cúbicos por hectare ano
IBÁ	Indústria Brasileira de Árvores
SA	Sociedade Anônima
SP	São Paulo
autopolinização	Auto
polinização cruzada	Cruzada
FEIS	Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira
UNESP	Universidade Estadual Paulista
mm	Milímetros
g	Gramas
cm	Centímetro

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	A Cultura do Eucalipto	15
2.2	As espécies de <i>Eucalyptus</i>	16
2.3	Importância da Eucaliptocultura	17
2.4	Melhoramento Genético na Cultura do Eucalipto	17
3	MATERIAS E MÉTODOS.....	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5	CONCLUSÃO.....	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

O eucalipto (*Eucalyptus* spp.) é uma espécie florestal de extrema importância econômica para o Brasil e o mundo, devido ao seu largo emprego nos mais diversos seguimentos, principalmente na produção de papel e celulose. Sendo considerada a principal matéria prima das grandes indústrias de papel e celulose e como o número de empresas vem crescendo, houve assim um aumento da área cultivada, buscando-se novas fronteiras agrícolas. Ao entrar em diferentes regiões, foi necessário produzir mudas de alta qualidade, que mantenham a produtividade da cultura em alta, assim a pesquisa e o desenvolvimento entram em cena juntamente com os estudos em melhoramento genético (IBÁ, 2023).

O melhoramento genético de plantas é uma das principais ciências que busca formas de obter populações superiores; havendo relação direta com o ambiente no qual a espécie estudada será cultivada. Sendo assim, ele visa buscar genótipos superiores, porém a expressão desses genótipos, depende do ambiente em que este será cultivado (Amabile; Vilela; Peixoto, 2018). Para os programas de melhoramento genético de eucalipto a variabilidade genética é a matéria prima indispensável no desenvolvimento de híbridos, além da formação de variedades e clones com potencial para alta produtividade (Ematné, 2011).

No entanto, nos estudos genéticos, pode-se encontrar barreiras, uma delas é a depressão por endogamia. O processo de endogamia, vem de populações geneticamente adequadas, onde elas devem ter alta frequência de alelos favoráveis e pequena carga genética. A carga de genes deletérios é calculada pelo componente de índice de depressão por endogamia. O benefício da endogamia é a dispersão de alelos de uma população, para a seleção de plantas individuais, onde a fixação de alelos favoráveis é utilizada na obtenção de híbridos superiores e no melhoramento das populações (Bernini *et al.*, 2013).

Contudo obter as sementes para os estudos de culturas perenes necessita realizar polinizações artificiais, onde pode-se controlar de onde vêm e para onde vai os pólenes utilizados, realizando autopolinizações e polinizações cruzadas de forma controlada, pois conhecer quem é doador e quem é o receptor do pólen auxilia nas análises posteriores, identificando qual matriz se apresenta com os melhores resultados (Estopa *et al.*, 2007; Silva; Moraes; Mori, 2012).

Assim, compreender a depressão por endogamia nas fases iniciais de frutos e sementes é de suma importância para os programas de melhoramento, com ênfase nas espécies de *Eucalyptus urophylla*, *E. grandis* e o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*. Logo, este trabalho teve como objetivo verificar a obtenção de famílias de autopolinização de *Eucalyptus urophylla*, *E. grandis* e o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* e suas implicações na variabilidade genética e na depressão por endogamia em caracteres de frutos e sementes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Cultura do Eucalipto

A árvore que é conhecida como eucalipto (*Eucalyptus* spp.) é uma espécie arbórea florestal, que possui flores diferentes, que não contém nem pétalas e nem sépalas e que é pertencente à Família Myrtaceae (Pereira, 2010). O gênero *eucalyptus* é nativo da Austrália, Tasmânia e outras Ilhas da Oceania. Botanicamente são conhecidas aproximadamente 730 espécies, no entanto, apenas 20 delas são atualmente empregadas para os fins industriais no mundo todo (Pinto Júnior; Santarosa; Goulart, 2014).

As espécies de eucalipto como a *Eucalyptus urophylla*, *E. grandis*, *E. saligna*, *E. pellita* e seus respectivos híbridos são frequentemente empregadas para o uso na indústria de celulose, sendo cultivadas principalmente em regiões tropicais e subtropicais (Oliveira; Pinto Júnior, 2021). No Brasil o *E. urophylla*, *E. grandis* e o híbrido entre essas espécies, possui uma enorme importância econômica para os plantios comerciais (Gontijo, 2018).

As duas espécies são pertencentes à família botânica Myrtaceae, gênero *Eucalyptus*, subgênero *Symphyomyrtus*, seção *Latoangulatae*, diferindo apenas na série *Robustae* para *E. urophylla* e série *Transversae* para o *E. grandis* (NICOLLE, 2019). A diferença na taxionomia entre as espécies *urophylla* e *grandis* é a série a qual cada uma é pertencente; e a espécie híbrida *E. urophylla* x *E. grandis* surgiu do cruzamento entre *E. urophylla* e *E. grandis* (Gontijo, 2018).

No Brasil, a maioria das espécies de eucalipto chegaram por meio do Engenheiro Agrônomo Edmundo Navarro de Andrade, da Companhia Paulista de Estradas de Ferro. Edmundo Navarro de Andrade estudou e cultivou o eucalipto, com a intenção inicial de obter madeira de crescimento mais rápido para poder alimentar as caldeiras de locomotivas. Percebendo a vantagem que o eucalipto apresentava, se comparado às florestas nativas, tornando assim a sua exploração em escala comercial, visando outras áreas da indústria florestal (Queiroz; Barrichelo, 2007).

2.2 As espécies de *Eucalyptus*

O *Eucalyptus urophylla* é uma espécie que possui alto potencial para as zonas tropicais úmidas, pois é tolerante ao cancro do eucalipto (*Cryphonectria cubensis*) e tem uma grande plasticidade de adaptação (Gontijo, 2018). Além de possuir uma taxa de autopolinização inferior ao do *E. grandis*, fazendo com que o híbrido possua uma taxa média (Sousa, 2020).

A espécie *E. urophylla* é originária da Indonésia, sendo encontrada principalmente no Timor-Leste e nas ilhas Flores e Timor, por mais que o gênero *Eucalyptus* seja originário na Austrália, esta espécie não é encontrada no país. É uma árvore de grande porte, que pode atingir mais de 50 metros de altura, com troncos de diâmetros superiores à 1,2 metros. Possui semelhanças com outras espécies como a *E. robusta* e a *E. botryoides*, e pode formar híbridos com mais naturalidade com outras espécies de eucaliptos, que tenham o mesmo subgênero *Symphyomyrtus* como *E. grandis*, *E. saligna* e *E. camaldulensis* (Flores *et al.*, 2016).

O *Eucalyptus grandis* é uma espécie de rápido crescimento, com características silviculturais desejáveis, possuindo propriedades diversas da madeira, com elevada importância econômica e grande variabilidade genética (Gontijo, 2018).

E. grandis é originário da Austrália, com uma maior ocorrência especialmente nos estados de Nova Gales do Sul e Queensland. Assim, como a *E. urophylla*, é uma árvore de grande porte, chegando a mais de 60 metros de altura e diâmetros maiores de 1,2 metros. É bem semelhante ao *E. saligna* e também pode formar híbridos com outras espécies do mesmo subgênero *Symphyomyrtus* com maior facilidade (Flores *et al.*, 2016).

O híbrido entre essas duas espécies possui boas características, tornando-o um bom material para o seguimento industrial de celulose, energia, dentre outros (Gontijo, 2018). Este híbrido forma a base da silvicultura brasileira com relação ao plantio de mudas clonais. Possuir uma ótima qualidade de madeira e também se sobressai no quesito rendimento, possuindo clones altamente produtivos e com plantios homogêneos, muito devido a boa adaptabilidade, boa rusticidade, com propriedades da madeira superiores e densidade, além de muitas apresentarem resistência ao cancro e também ao estresse hídrico (Faria *et al.*, 2013; Oliveira, 2020).

2.3 Importância da Eucaliptocultura

No Brasil, a eucaliptocultura possui números expressivos, comprovando a importância da cultura para o país. No ano de 2022 a área plantada foi de 7.6 milhões de hectares, o que compreende a 76% de toda a área florestal plantada (9.94 milhões de hectares), com uma produtividade média de $32.7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ (IBÁ, 2023). A indústria de base florestal é um segmento da indústria de relevante importância para o cenário econômico brasileiro, onde a área plantada de eucalipto apresentou um aumento de 0.3% anual (IBÁ, 2023).

As florestas plantadas estão mais concentradas nas regiões sudeste e centro-oeste, sendo os três principais estados produtores; Minas Gerais (29% - 2.2 milhões de hectares), Mato Grosso do Sul (15% - 1.1 milhões de hectares) e São Paulo (13% - 1.0 milhões de hectares). O consumo da madeira para o uso industrial proveniente do eucalipto foi de 182 milhões de m^3 , o que compreende a 77% do total, o que reforça a importância da cultura para o cenário econômico brasileiro (IBÁ, 2023).

Para os principais produtos oriundos do eucalipto têm-se o papel e a celulose com um maior destaque, além de ter painéis de madeira, pisos laminados, carvão vegetal, madeira serrada, produção de energia. No ano de 2022 a produção de celulose foi de 25 milhões de toneladas, considerada um recorde. Outro recorde foi a produção de papel com 11 milhões de toneladas (IBÁ, 2023).

Uma importante característica sobre as florestas plantadas, com maior destaque para o eucalipto, pois esta é a cultura em maior área de cultivo, é que em todos os plantios comerciais, têm-se áreas destinadas a conservação ambiental, o que visa a sustentabilidade e a diversidade da fauna e flora locais, pois buscam manter o equilíbrio ambiental com as áreas de preservação e recuperação. Buscando assim minimizar os problemas causados com as mudanças climáticas (Assad; Monteiro; Pugliero, 2021; IBÁ, 2023).

2.4 Melhoramento Genético na Cultura do Eucalipto

Com base no que se espera do melhoramento genético de plantas, as espécies *E. urophylla* e *E. grandis* possuem características que fundamentaram os programas de melhoramento no Brasil. Desta forma o *E. grandis* apresenta rápido crescimento volumétrico, ótima forma do fuste, madeira de baixa densidade, suscetibilidade ao

cancro e à ferrugem e aos frios de forte intensidade. Já o *E. urophylla* possui comportamento distinto em comparação ao *E. grandis* quanto à estabilidade em múltiplos ambientes, com os estresses climáticos e características diferentes, como a fácil rebrota e resistência às principais doenças. Esse contraste entre as espécies favorece o cruzamento com *E. grandis*, o que se resulta no híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, que é a base florestal das indústrias de diversos seguimentos (Oliveira; Pinto Júnior, 2021).

Os programas de melhoramento florestal buscam o aumento da produtividade, da qualidade, tolerâncias aos estresses hídricos, térmicos, a doenças, pragas, dentre outros, dependendo do esperado com a cultura plantada, se o objetivo for a produção de papel e celulose espera-se teores e tipos de ligninas com características marcantes para a produção; com o objetivo sendo a geração de energia busca-se elevado teor de lignina e alta densidade básica; e se a produção busca madeira para serraria as características desejadas são as propriedades físicas, anatômicas e químicas específicas para este fim (Paludzyszyn Filho; Santos, 2011).

Devido à grande expansão das áreas de cultivo para outras regiões que possuem climas adversos e pelo fato do eucalipto demandar um longo período de tempo para que os programas de melhoramento possam dar resultados (Grattapaglia, 2021), se faz necessário uma busca por novas estratégias de melhoramento que acelerem o processo de obtenção de novos híbridos, com elevada produtividade e boa adaptabilidade para as mais diversas regiões de cultivo do país (Santos *et al.*, 2017).

A principal estratégia de melhoramento genético, é o da seleção recorrente, que consiste basicamente em procurar manter acumulado os alelos favoráveis, aumentando-os de forma gradativa e deixando estável (sem redução) a variabilidade genética da população. As populações melhoradas via seleção recorrente, podem ser utilizadas de forma direta como variedades de polinização aberta ou até mesmo para a obtenção de linhagens endogâmicas, que são utilizadas na produção dos híbridos. Esse método de seleção trabalha com a repetição dos mesmos procedimentos ciclo após ciclo de seleção, fazendo com que o processo gere um acúmulo dos alelos favoráveis de interesse, desta maneira realizando uma ação contínua, que forma médias distintas na população que é melhorada via ciclos de seleção, seguindo os três passos principais; a obtenção da progênie, a avaliação da progênie e a

recombinação da progênie superior para a formação da subsequente (Santos *et al.*, 2017).

Mas devido aos ciclos longos de juvenilidade das espécies florestais, as grandes empresas do seguimento florestal, buscaram ao longo dos anos diferentes estratégias para acelerar o processo de melhoramento, como por exemplo o uso dos pomares de polinização controlada, mistas ou multiespécies, que utilizam cruzamentos baseados em clones, gerando assim a segunda geração filial (Sousa; Aguiar; Pinto Júnior, 2021).

Sendo uma técnica que proporciona ganhos rápidos, principal fonte de obtenção de híbridos interespecíficos e economicamente viável com a técnica de polinização de uma única etapa; porém é preciso a construção de pomares, onde o tamanho das árvores seja controlado, pois o porte elevado do eucalipto adulto, faz com que a polinização controlada seja complicada e muito onerosa (Sousa; Aguiar; Pinto Júnior, 2021).

Há também o uso da seleção genômica ampla, a qual usa marcadores moleculares para predizer os valores genéticos genômicos da população estudada. Esta técnica prevê ganhos genéticos com maior rapidez e com alta acurácia seletiva para a seleção, porém há problemas de alta dimensionalidade e multicolinearidade, quando se têm uma maior quantidade de marcadores do que de indivíduos e muitos marcadores com perfis semelhantes (Resende *et al.*, 2008; Silveira, 2017).

Uma boa alternativa é adotar o processo de seleção de progênies endogâmicas, que poderia acelerar o processo de seleção recorrente. Assim, forçaria o aparecimento de alelos deletérios ou letais nas progênies e podendo aumentar a covariância genética aditiva dentre as progênies e aumentar a variância entre as famílias, o que levaria a uma seleção com maior índice de acerto. Ou seja, aumenta o ganho com a seleção por ciclo seletivo, sem a desvantagem em culturas anuais que não possibilitam a coleta de sementes na própria progênie endogâmica (Pena, 2015; Botelho, 2019).

Para a cultura do eucalipto, a obtenção de sementes híbridas, via cruzamentos entre linhagens autofecundadas, é uma alternativa comercial à produção de mudas por clonagem. Essas autopolinizações são demoradas e difíceis, para as espécies florestais, por causa da demora em atingir a maturidade sexual e à forte depressão por endogamia (Oliveira; Pinto Júnior, 2021).

Contudo, o emprego da estratégia de progênies autofecundadas aliada a clonagem pode ser uma estratégia interessante para o melhoramento do eucalipto, uma vez que as progênies oriundas de uma autofecundação possuem maior variância genética aditiva entre famílias. O que garante uma maior homogeneidade dentro das progênies quando cruzadas com outra “linhagem precoce”, aumentando assim a probabilidade de encontrar o melhor indivíduo dentro da progênie híbrida para proceder com a clonagem (Beltrame *et al.*, 2012; Oliveira; Pinto Júnior, 2021).

Logo, a adoção de progênies autofecundadas permite evoluir em dois seguimentos do melhoramento florestal, sendo a maior efetividade na seleção de indivíduos para clonagem e maior ganhos genéticos e eliminação de alelos deletérios por ciclo de seleção recorrente. As vantagens são importantes pois, em espécies alógamas e com alta heterozigosidade a carga genética é elevada (Sousa, 2020).

As espécies de *Eucalyptus* spp. possuem flores hermafroditas e polinização entomófila, e com um sistema reprodutivo misto, com até 40% de autofecundação; tornando-a uma espécie que é considerada alógama (Sousa, 2020). Desta forma, existe a possibilidade da adoção de progênies autofecundadas, porém a autofecundação leva a endogamia, que é um fenômeno conhecido por gerar à perda de vigor, quando ocorre o cruzamento entre indivíduos relacionados por ascendência (Oliveira; Pinto Júnior, 2021).

No entanto para adoção de progênies autofecundadas, seja para seleção recorrente ou para produção de híbridos, só é possível se conseguir a produção de sementes e mudas para a continuidade dos programas de melhoramento e como a depressão por endogamia se manifesta em qualquer fase do desenvolvimento, esta pode afetar consideravelmente a produção de sementes e mudas impossibilitando o uso da estratégia (Oliveira; Pinto Júnior, 2021).

3 MATERIAS E MÉTODOS

Para este trabalho, selecionou-se as matrizes pertencentes ao pomar de hibridação da Eldorado Brasil SA, que apresentaram alto índice de florescimento (Tabela 1), para duas espécies puras *Eucalyptus urophylla* (cinco matrizes) e *Eucalyptus grandis* (quatro matrizes) e híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (cinco matrizes), totalizando quatorze matrizes. O pomar de hibridação está localizado no município de Andradina-SP, com coordenadas geográficas 20°53'08,35" de latitude Sul, 51°21'28,11" de longitude Oeste e altitude de 382 metros.

O pomar de hibridação possui aproximadamente 800 vasos, de doze espécies, considerando *urophylla*, *grandis* e híbrido, têm-se 278 matrizes, dos quais foram considerados quatorze matrizes, como foi mencionado. O motivo pelo qual se selecionou quatorze matrizes, se deu em decorrência a perdas de frutos ao longo do estudo.

Foram realizadas autopolinizações (Auto) e polinizações cruzadas (Cruzada), utilizando a técnica de polinização artificial por meio de protoginia induzida, que consiste em utilizar pólen seco beneficiado, coletado anteriormente ao processo de polinização, onde a própria matriz fornece o pólen para realizar a polinização artificial. Para a Auto é utilizado o pólen do material em questão e para a Cruzada é utilizado uma mistura de pólenes (polimix), onde a mistura é realizada usando o pólen de várias matrizes separadas para cada espécie.

Tabela 1 - Matrizes selecionadas pelo maior índice de florescimento pertencentes a Eldorado Brasil SA, instaladas em pomar de hibridação em Andradina-SP.

Espécie	Nomenclatura Matriz
<i>Eucalyptus urophylla</i>	URO20
<i>Eucalyptus urophylla</i>	URO180
<i>Eucalyptus urophylla</i>	URO12
<i>Eucalyptus urophylla</i>	URO163
<i>Eucalyptus urophylla</i>	URO151
<i>Eucalyptus grandis</i>	GRD144
<i>Eucalyptus grandis</i>	GRD124
<i>Eucalyptus grandis</i>	GRD114
<i>Eucalyptus grandis</i>	GRD109
Híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	E08
Híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	TCA94
Híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	E133
Híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	670
Híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	E17

Nota: Denominação das matrizes é da própria empresa. Fonte: Própria autora.

Para realizar as polinizações artificiais, separou-se as matrizes por espécie, e repetiu o mesmo padrão para cada uma das espécies, manuseando diferentemente para cada tipo de polinização. A Figura 1 apresenta como é realizada a polinização artificial, tanto para o uso de Auto, quanto para o uso da polinização Cruzada. O método de polinização artificial utilizado consiste na protoginia induzida, que após a escolha do botão floral apto para o procedimento, um botão que esteja próximo de sua maturação, procede com uma incisão na parte inferior do opérculo com o auxílio de uma tesoura esterilizada e introduz o pólen na incisão com o uso de palito de madeira esterilizado. Para a autopolinização artificial utiliza-se o pólen da própria matriz, enquanto para a polinização cruzada artificial faz-se o uso da polimix, que consiste na mistura pólenes de pelo menos 10 matrizes da mesma espécie.

Figura 1 - Polinização artificial via protoginia induzida (transferência do pólen do palito de madeira esterilizado para a ponta cortada do opérculo) em matriz de *Eucalyptus* spp. pertencente a Eldorado Brasil SA em pomar de hibridação localizado em Andradina-SP.



Fonte: Acervo do próprio autor.

Após a determinação da forma de polinização artificial foram efetuados os cruzamentos para a obtenção de frutos suficientes para a continuidade dos estudos, sendo que, para essas análises, era necessário colher 20 frutos por matriz e por tipo de polinização, podendo superar este número para obter sementes suficientes para as análises de sementes. Após a realização das polinizações, aguardou-se o processo natural de maturação total dos frutos gerados (Figuras 2 e 3). Posteriormente, foram

coletados os 20 frutos por matriz e para cada tipo de polinização, sendo separados em quatro repetições de cinco frutos em dois tipos de polinização.

Figura 2 - Processo de maturação do fruto, onde se pode confirmar que a polinização artificial foi bem-sucedida em matriz de *Eucalyptus* spp. pertencente a Eldorado Brasil em pomar de hibridação localizado em Andradina-SP.



Fonte: Acervo do próprio autor.

Figura 3 - Processo final de maturação do fruto, fase que antecede a colheita dos frutos, em matriz de *Eucalyptus* spp. pertencente a Eldorado Brasil em pomar de hibridação localizado em Andradina-SP.



Fonte: Acervo do próprio autor.

De posse dos frutos colhidos em repetições de cinco frutos foram levados ao Laboratório de Tecnologia de Sementes da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS/UNESP, aonde foram armazenados e secos a sombra até a abertura total dos

frutos e desprendimento das sementes. Os frutos e sementes foram mensurados quanto:

- Diâmetro médio do fruto (mm), tomado com paquímetro de precisão de 0.1 mm na dimensão máxima do cone do opérculo;
- Comprimento médio do fruto (mm), medida transversal do opérculo obtida com paquímetro de precisão de 0.1 mm descontando o pecíolo;
- Número de sementes por fruto, contados com auxílio de lupa de aumento de 20x;
- Massa média dos frutos (g), massa dos frutos secos na repetição divididos por cinco com auxílio de balança de precisão de 0.001g.
- Porcentagem de emergência de plântulas (EM%), número de plântulas emergidas pelo total de sementes semeadas;
- Índice de velocidade de emergência de plântulas, (IVE) que é calculado pelo somatório das plântulas emergidas diariamente ($E_1, E_2, E_3, \dots E_n$), divididas pelo número de dias até a emergência ($N_1, N_2, N_3, \dots N_n$). Conforme a equação sugerida por Maguire (1962): $IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \frac{E_3}{N_3} + \dots + \frac{E_n}{N_n}$; e
- Número de sementes por 0.01 gramas, contadas com auxílio de lupa de aumento de 20x.

Para a emergência, esta foi conduzida em caixas gerbox de 11 x 11 x 3.5 cm, preenchidas com substrato de produção de mudas florestais e umedecidas quando necessário. Estas ficaram dispostas sobre uma bancada dentro do Laboratório de Tecnologia de Sementes (Figura 4). O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado em esquema experimental fatorial de genótipos por duas formas de polinização com quatro repetições. Para os caracteres de frutos as parcelas foram constituídas de cinco frutos e a parcela experimental para emergência com 20 sementes.

Após coleta dos dados, seguiu-se para as análises estatísticas. As análises foram realizadas por meio de esquema fatorial duplo com restrição (sendo matrizes dentro e espécies) e forma de polinização e suas respectivas interações matrizes (espécie) x polinização e espécie x polinização. Detectada a significância pelo teste F, procedeu-se com teste de médias ou desdobramento das interações e suas respectivas médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram efetuados no programa SAS® (SAS, 1999).

Figura 4 - Disposição das caixas gerbox com substrato florestal e vinte sementes para cada matriz e tipo de polinização com quatro repetições instalados no Laboratório de Tecnologia de Sementes da FEIS/UNESP.



Fonte: Acervo do próprio autor.

Posteriormente, procedeu-se os cálculos de parâmetros genéticos ligados a depressão por endogamia, sendo as médias das progênes de autopolinizações (M_1) e das polinizações cruzadas (M_0), representadas por:

$$M_0 = \mu + a + d^* = A + d^*$$

$$M_1 = \mu + a + \frac{1}{2}d^* = A + \frac{1}{2}d^*,$$

respectivamente, o que permitiu estimar os componentes $A = 2M_1 - M_0$ e $d^* = 2(M_0 - M_1)$. Em que, A é a média esperada de uma amostra aleatória de linhagens totalmente homozigóticas extraídas da população e d^* é 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; Furlani; Miranda Filho, 1992; Miranda Filho, 1999).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de variação (CV's) são expressos em porcentagens e indicam a acurácia do experimento. Valores acima dos 50% indicam que os resultados são imprecisos; e quanto mais próximo de Zero, mais exato e preciso são os resultados (MORAES *et al.*, 2014; LOPES *et al.*, 2021). Para a presente pesquisa, os intervalos dos CV's variam de 4.81% a 47.5%; sendo que os caracteres de diâmetro e comprimento do fruto, possuem CV's de 4.81% e 4.86% respectivamente, sendo caracterizados como de ótima precisão (Tabela 2). E outros caracteres que apresentam um nível de precisão experimental satisfatório são o número de sementes por 0.01 gramas e massa média dos frutos, com CV's de 10.7% e 12.3% respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 - Quadrados médios das matrizes de *Eucalyptus urophylla*, *E. grandis* e *E. urophylla* x *E. grandis* em relação aos caracteres diâmetro do fruto (DIA), comprimento do fruto (COMP), número de sementes por fruto (NS), massa média dos frutos (MMF), número de sementes por 0.01 gramas (NS 0.01g), porcentagem de germinação de plântulas (EM%) e índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE).

FV	GL	Quadrados Médios						
		DIA	COMP	NS	MMF	NS 0.01g	EM%	IVE
Poli (P)	1	0.424*	0.940**	212.7**	0.00158**	1.324 ^{ns}	100.03 ^{ns}	0.034 ^{ns}
Esp (E)	2	15.76***	28.70***	554.9***	0.01205***	108.6***	14456***	14.75***
Matriz/Esp (M)	11	7.900***	4.674***	64.04***	0.00755***	21.01***	3388.0***	5.835***
P x E	2	0.183 ^{ns}	0.245 ^{ns}	46.45 ^{ns}	0.00007 ^{ns}	5.395***	11.526 ^{ns}	0.184 ^{ns}
M x E	11	0.559***	1.048***	164.2***	0.00129***	4.025***	490.31***	0.560*
erro	84	0.105	0.122	18.28	0.00017	0.526	137.70	0.264
CV%		4.81	4.86	47.5	12.3	10.7	21.4	32.1
Média		6.74	7.18	9.01	0.10	6.75	54.9	1.60

Nota: FV: fontes de variação; GL: graus de liberdade; Poli: polinização; Esp: espécie; CV: coeficiente de variação. ^{ns}, *, **, *** não significativo, significativo a 5, 1 e a 0.1% de probabilidade, respectivamente pelo teste F. Fonte: Própria autora.

Para, os demais caracteres, os CV's foram razoáveis e de pouca precisão; sendo razoável para porcentagem de germinação de plântulas (21.4%) e pouco precisa para o índice de velocidade de emergência de plântulas (32.1%) e número de sementes por fruto (47.5%), sendo que este último varia com o tipo de cruzamento (Tabela 2). Em outros estudos, com sementes de eucalipto, pode-se ver a acurácia experimental, como os resultados obtidos por Jeromini *et al.* (2020), com CV's variando de 4.32% a 15.22%; e os resultados de Ros *et al.* (2015), onde os CV's vão

de 13.5% a 23.2%; assim, vê-se o padrão de CV% para experimentos com sementes de eucalipto e o presente trabalho se enquadra no padrão encontrado na literatura.

A polinização foi significativa para a maioria dos caracteres avaliados, exceto para NS 0.01g, EM% e IVE, demonstrando que o tipo de polinização afeta o tamanho, e dimensões do fruto, mas não no vigor e tamanho das sementes (Tabela 2). As espécies e híbridos são diferenciados quanto a todas as características, isto já era algo esperado uma vez que é conhecida a diferença de morfologia dos frutos entre as espécies *E. grandis* e *E. urophylla*, onde os frutos de *E. grandis* tem dimensões em torno de 6 - 9 x 4 - 7 mm, são obcônicos e com 4 a 5 valvas; enquanto os frutos de *E. urophylla* possuem dimensões de 7 - 9 x 7 - 9 mm, são hemisféricos a obcônicos e com 3 a 4 valvas (Flores *et al.*, 2016).

As matrizes dentro das espécies foram significativas a 0.1% de probabilidade para todos os caracteres estudados (Tabela 2), demonstrando que existe variabilidade genética dentro de cada uma das espécies (BIANCHIN *et al.*, 2023). Apesar de não haver seleção para as matrizes de eucalipto, com relação a sua produção de sementes, a capacidade de propagação sexuada é de suma importância para a continuidade dos programas de melhoramento da espécie. Caso venham a ser selecionados, as que produzam menores quantidades de sementes, o programa de melhoramento visa técnicas especializadas em sementes e terão que condicionar as matrizes, estimulando a produção de sementes para atender as demandas dos programas de melhoramento da espécie para produção de madeira (Sá; Tambarussi, 2023).

A interação polinização x espécie foi não significativo para quase todos os caracteres, exceto para o NS 0.01g que foi significativo a 0.1% de probabilidade (Tabela 2). Evidenciando que as espécies se comportam de uma forma semelhante quando estão em autopolinização e polinização cruzada. Porém o tamanho de sementes é afetado, desta forma pode-se inferir que enquanto uma espécie a autopolinização diminuiu o tamanho de sementes em outra aumenta (Borém; Miranda; Fritsche-Neto, 2021).

A interação matriz x espécie foi significativo a 0.1% de probabilidade para todos os caracteres, exceto para o índice de velocidade de emergência de plântulas que foi significativo a 5% probabilidade (Tabela 2). Desta forma, o efeito da interação dos dois tipos de polinização com as três espécies avaliadas não é considerado significativa, se comparada ao efeito da interação entre as matrizes com as espécies. Logo, a

principal causa de mudança de comportamento para os caracteres de frutos e sementes se dá nas matrizes e não na espécie em si, indicando que não há padrão explícito dentro cada uma das espécies e que as matrizes tem que ser estudadas individualmente.

O caractere diâmetro do fruto em matrizes de *E. grandis* apresentou diferenças na forma de polinização entre a GRD114 e a GRD144 (Tabela 3), demonstrando que tais matrizes alteram o diâmetro do fruto conforme o tipo de polinização. A matriz GRD114 possui frutos maiores quando autopolinizada e a GRD144 frutos menores. As demais matrizes não diferiram quanto ao tipo de polinização, evidenciando assim que esse caractere não apresenta um padrão quando a matriz sofre autopolinização, podendo não alterar, nem diminuir ou aumentar. Fato que dificulta a identificação prévia de frutos autopolinizados ou não é possível estabelecer um padrão para matrizes autopolinizadas de *E. grandis* para diâmetro do fruto.

Tabela 3 - Desdobramento de médias do diâmetro do fruto e comprimento do fruto de matrizes de *Eucalyptus urophylla*, *E. grandis* e Híbridas de *E. urophylla* x *E. grandis* e Índices de depressão (A: média esperada em homozigose; d: contribuição de heterozigotos; l: depressão por endogamia) por endogamia das progênes autopolinizadas (Auto) de polinização cruzada (Cruzada) em pomar de hibridação pertencente a Eldorado Brasil SA em Andradina-SP.

Diâmetro do Fruto						Comprimento do Fruto					
Matriz	<i>Eucalyptus grandis</i>					Matriz	<i>Eucalyptus grandis</i>				
	Auto	Cruzada	A	d	l		Auto	Cruzada	A	d	l
GRD109	5.35 Ac	5.75 Ac	4.95	0.80	-0.40	GRD109	6.27 Ac	6.89 Ac	5.65	1.24	-0.62
GRD114	5.34 Ac	4.87 Bd	5.81	-0.94	0.47	GRD114	6.87 Ac	5.99 Bd	7.75	-1.76	0.88
GRD124	6.82 Aa	6.50 Ab	7.14	-0.64	0.32	GRD124	8.05 Aa	7.75 Ab	8.35	-0.60	0.30
GRD144	6.21 Bb	7.22 Aa	5.20	2.02	-1.01	GRD144	7.64 Bb	8.15 Ba	7.13	1.02	-0.51
Média	6.01 C'		5.78	0.31	-0.16	Média	7.20 B'		7.22	-0.02	0.01
	<i>Eucalyptus urophylla</i>						<i>Eucalyptus urophylla</i>				
	Auto	Cruzada	A	d	l		Auto	Cruzada	A	d	l
URO12	6.66 Ac	6.07 Bd	7.25	-1.18	0.59	URO12	7.91 Ab	6.89 Be	8.93	-2.04	1.02
URO151	7.02 Bb	7.71 Ab	6.33	1.38	-0.69	URO151	7.63 Bc	8.70 Ab	6.56	2.14	-1.07
URO163	7.82 Ba	8.28 Aa	7.36	0.92	-0.46	URO163	8.69 Ba	9.43 Aa	7.95	1.48	-0.74
URO180	7.87 Ba	8.37 Aa	7.37	1.00	-0.50	URO180	7.81 Ab	8.06 Ac	7.56	0.50	-0.25
URO20	6.72 Ac	6.86 Ac	6.58	0.28	-0.14	URO20	7.39 Ac	7.70 Ad	7.08	0.62	-0.31
Média	7.34 A'		6.98	0.48	-0.24	Média	8.02 A'		7.62	0.54	-0.27
	Híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>						Híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>				
	Auto	Cruzada	A	d	l		Auto	Cruzada	A	d	l
670	7.58 Ab	7.11 Bb	8.05	-0.94	0.47	670	7.18 Ba	7.72 Aa	6.64	1.08	-0.54
E08	6.13 Ac	6.15 Ac	6.11	0.04	-0.02	E08	5.73 Bc	6.59 Ab	4.87	1.72	-0.86
E133	8.40 Ba	8.92 Aa	7.88	1.04	-0.52	E133	5.59 Bc	6.34 Ab	4.84	1.50	-0.75
E17	5.41 Ad	5.60 Ad	5.22	0.38	-0.19	E17	6.78 Ab	6.82 Ab	6.74	0.08	-0.04
TCA94	6.15 Ac	5.78 Ad	6.52	-0.74	0.37	TCA94	5.64 Ac	4.90 Bc	6.38	-1.48	0.74
Média	6.72 B'		6.76	-0.04	0.02	Média	6.33 C'		5.89	0.58	-0.29

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Própria autora.

Quando se compara as matrizes, nota-se que a classificação entre elas diferiu quando elas foram autopolinizadas e quando foram de polinização cruzada. Em especial a matriz GRD124 e GRD144, que invertendo a colocação entre elas sugerindo que a matriz GRD144 sofre mais com a depressão endogâmica para diâmetro do fruto que a matriz GRD124 (Tabela 3). Este fato fica evidente quando analisamos os parâmetros de depressão, sendo que uma linhagem totalmente endogâmica chega a apresentar quase que o fruto com menor dimensão, já a GRD124 o de maior, da mesma forma a matriz GRD144 apresenta o maior valor de depressão por endogamia $I = -1.01$, já a matriz GRD124 e a GRD114 não apresentaram depressão para este caractere e a matriz GRD109 apresentou modera depressão (Tabela 3).

O caractere diâmetro do fruto em matrizes de *E. urophylla* apresentou diferenças nas formas de polinizações entre todas as matrizes, com exceção da matriz URO20 (Tabela 3). O resultado revela que o diâmetro do fruto vai variar com maior frequência quanto ao tipo de polinização utilizada, logo matrizes de *E. urophylla* são mais afetadas pelo tipo de polinização que *E. grandis*, isso pode se dever a nível de polinização cruzada em *E. urophylla*, pois Paludzyszyn Filho *et al.* (2004) diz que essa espécie possui uma taxa de fecundação cruzada de 95% em contrapartida o *E. grandis* de 70%, segundo Junghans *et al.* (1998).

As matrizes de *E. urophylla* dentro de cada tipo de polinização possuem alta discriminação, porém esta é maior quando na polinização cruzada, evidenciando que matrizes em estado natural conseguem se diferenciar mais. Tal situação vai contra a teoria de genética quantitativa e de população, onde diz que a variabilidade genética entre famílias aumenta conforme as progênies tornam-se mais homogêneas (Falconer; Mackay, 1996). E para esta espécie, quase todas as matrizes apresentam depressão por endogamia, novamente, com exceção apenas da matriz URO12 $I = 0.59$ (Tabela 3), o que evidencia a alta heterozigose que ocorre em *E. urophylla*, já que taxa de fecundação cruzada é de 95% (Paludzyszyn Filho *et al.*; 2004).

O híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* as matrizes 670 e E133 apresentam divergências entre os tipos de polinizações, sendo os frutos autopolinizados maiores para a matriz 670 e menores para a matriz E133, na comparação entre os tipos de autopolinizações, mas comparando as matrizes dentro do tipo de polinização elas diferem entre si, com a matriz E133 tendo os maiores frutos para cada tipo de

polinização. Possuindo depressão por endogamia para as matrizes E08, E133 e E17; sendo $I = -0.02$, $I = -0.52$ e $I = -0.19$, respectivamente (Tabela 3).

Seguindo para o caractere comprimento do fruto, para a espécie *E. grandis* tem-se apenas uma matriz com distinção entre os tipos de polinização, a matriz GRD114. Desta forma esse caractere não apresenta variação dentro dos tipos de polinização. Porém, se a comparação é realizada dentro de cada um dos tipos de polinização, cada matriz tem um comportamento diferenciado. Assim, como para o diâmetro do fruto, a depressão para o comprimento do fruto está nas mesmas matrizes GRD109 $I = -0.62$ e GRD144 $I = -0.51$ (Tabela 3).

Na espécie *E. urophylla* para o comprimento do fruto, ocorreu quase a mesma situação que aconteceu para a diâmetro, as matrizes URO20 e URO180 não apresentam diferença entre os tipos de polinização. Dentre cada tipo de polinização as matrizes apresentam comportamento distintos, assim pode-se diferenciar as matrizes quanto ao tamanho do fruto. Da mesma forma que aconteceu para o diâmetro do fruto, uma única matriz não apresenta depressão para comprimento do fruto, repetindo-se a matriz URO12 $I = 1.02$ (Tabela 3).

No híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* a única matriz que não difere quanto ao tipo de polinização é a E17, enquanto as demais vão ter frutos de tamanhos distintos para cada um dos tipos de polinização. Para a autopolinização as matrizes E08, E133 e TCA94 não diferem entre si, mostrando que o tamanho do fruto será semelhante dentre elas, e menor se comparado as outras matrizes; e para a polinização cruzada as matrizes que não diferem entre si são E08, E133 e E17. Já sobre a depressão por endogamia a única matriz que não ocorre é a matriz TC94 $I = 0.74$, novamente (Tabela 3).

O caractere número de sementes por fruto para a espécie *E. grandis*, três das quatro matrizes se diferenciaram na produção de sementes destacando a GRD109 que produziu maior número de sementes quando autopolinizada. As matrizes com este comportamento ou que não diminuem o número de sementes por frutos, quando autopolinizadas, são promissoras para continuidade de obtenção de linhagens homozigóticas. Já as matrizes GRD124 e GRD144 apresentam forte depressão por endogamia para produção de sementes sendo que quando totalmente endogâmicas não produzem sementes. As matrizes com tal comportamento são inviáveis para obtenção de linhagens, seja precoces (grau de homozigose de até 75%) ou linhagens homozigóticas (Grattapaglia, 2021) (Tabela 4). As matrizes dentro de cada tipo de

polinização se mostram diferentes entre si; o que revela um comportamento distinto, a quantidade de sementes produzidas varia conforme o tipo de polinização e cada matriz tem a sua própria influência na produção de sementes (Tabela 4).

Tabela 4 - Desdobramento de médias de número de sementes e massa média dos frutos de matrizes de *Eucalyptus urophylla*, *E. grandis* e Híbridas de *E. urophylla* x *E. grandis* e Índices de depressão (A: média esperada em homozigose; d: contribuição de heterozigotos; l: depressão por endogamia) por endogamia das progêneses autopolinizadas (Auto) de polinização cruzada (Cruzada) em pomar de hibridação pertencente a Eldorado Brasil SA em Andradina-SP.

Número de Sementes por Fruto						Massa Média dos Frutos					
Matriz	<i>Eucalyptus grandis</i>					Matriz	<i>Eucalyptus grandis</i>				
	Auto	Cruzada	A	d	l		Auto	Cruzada	A	d	l
GRD109	12.5 Ab	3.55 Bd	21.45	-17.90	8.95	GRD109	0.06 Bb	0.08 Ab	0.04	0.04	-0.02
GRD114	20.2 Aa	16.0 Ac	24.40	-8.40	4.20	GRD114	0.07 Ab	0.06 Ab	0.08	-0.02	0.01
GRD124	6.70 Bc	20.5 Ab	-7.10	27.60	-13.80	GRD124	0.13 Aa	0.10 Ba	0.16	-0.06	0.03
GRD144	4.70 Bd	26.0 Aa	-16.60	42.60	-21.30	GRD144	0.10 Ba	0.13 Aa	0.07	0.06	-0.03
Média	13.77 A'		5.54	10.98	-5.49	Média	0.09 B'		0.09	0.01	0.00
Matriz	<i>Eucalyptus urophylla</i>					Matriz	<i>Eucalyptus urophylla</i>				
	Auto	Cruzada	A	d	l		Auto	Cruzada	A	d	l
URO12	15.1 Aa	4.90 Bd	25.30	-20.40	10.20	URO12	0.11 Aa	0.07 Bb	0.15	-0.08	0.04
URO151	4.10 Bc	14.8 Aa	-6.60	21.40	-10.70	URO151	0.10 Ba	0.15 Aa	0.05	0.10	-0.05
URO163	7.50 Bb	13.3 Ab	1.70	11.60	-5.80	URO163	0.13 Ba	0.15 Aa	0.11	0.04	-0.02
URO180	2.95 Ad	4.85 Ad	1.05	3.80	-1.90	URO180	0.16 Aa	0.18 Aa	0.14	0.04	-0.02
URO20	7.90 Ab	6.50 Ac	9.30	-2.80	1.40	URO20	0.10 Aa	0.10 Aa	0.10	0.00	0.00
Média	8.19 B'		6.15	2.72	-1.36	Média	0.13 A'		0.11	0.02	-0.01
Matriz	Híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>					Matriz	Híbrido <i>urophylla</i> x <i>E. grandis</i>				
	Auto	Cruzada	A	d	l		Auto	Cruzada	A	d	l
670	4.30 Ac	6.70 Ac	1.90	4.80	-2.40	670	0.12 Aa	0.12 Aa	0.12	0.00	0.00
E08	3.75 Ad	8.10 Aa	-0.60	8.70	-4.35	E08	0.07 Bb	0.09 Ab	0.05	0.04	-0.02
E133	3.25 Ad	7.15 Ab	-0.65	7.80	-3.90	E133	0.12 Ba	0.16 Aa	0.08	0.08	-0.04
E17	8.00 Aa	7.85 Ab	8.15	-0.30	0.15	E17	0.08 Ab	0.09 Ab	0.07	0.02	-0.01
TCA94	6.90 Ab	4.20 Ad	9.60	-5.40	2.70	TCA94	0.07 Ab	0.06 Ab	0.08	-0.02	0.01
Média	6.02 C'		3.68	3.12	-1.56	Média	0.10 B'		0.08	0.02	-0.01

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Própria autora.

Para a *E. urophylla*, das cinco matrizes estudadas três se diferenciaram na produção de sementes por tipo de polinização, sendo que a matriz URO12 apresentou comportamento interessante uma vez que produziu maior quantidade sementes quando em autopolinização, porém as outras duas apresentam menor produção quando autopolinizadas e, conseqüentemente, depressão por endogamia destacando a matriz URO151, a mais extrema, inviabilizando a continuidade do programa de autopolinização. (Tabela 4).

Já para o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* não houve diferença entre as formas de polinização dentro das matrizes, principalmente pela baixa produção de sementes tanto autopolinizadas quanto na polinização cruzada. Assim, realizando a autopolinização ou a polinização cruzada a quantidade de sementes produzidas não varia de forma significativa e que a produção de sementes em um indivíduo híbrido tende a ser menor em relação aos indivíduos puros (Paludzyszyn Filho; Santos, 2011; Assis, 2015) e a autopolinização para buscar a segregação transgressiva e uso de várias autopolinizações seria contraproducente do ponto de vista de produção de sementes e do melhoramento. A produção de sementes varia principalmente conforme a matriz e está sujeita a níveis únicos e variáveis de depressão por endogamia (Tabela 4).

Da mesma maneira que os caracteres anteriores a massa média dos frutos variou conforme a matriz, sendo algumas matrizes que apresentaram depressão por endogamia e outra não independente da espécie estudada (Tabela 4), assemelhando-se mais as características de tamanho de fruto, comprimento e diâmetro, de forma que em nenhum caso se observou o extremo de número negativos para *A*. As características de dimensões de frutos costumam ser fortemente correlacionadas geneticamente, e segundo Moreira *et al.* (2023), que realizou estudos com espécies da família das Myrtaceae, encontrou resultados com a correlação genética para dimensões de fruto.

O mesmo comportamento do caractere número de sementes foi detectado para EM% e IVE, sendo que o caso mais extremo de depressão por endogamia foi detectado nas matrizes, GRD144 possuindo um valor de *A* de -24,9 para EM% e -0,92 para IVE, e URO180, com *A* de -12,5 de EM% e -0,39 de IVE. Tais matrizes além de ter baixa produção de sementes, poucas delas germinariam, complicando ainda mais a adoção das mesmas em programas de autopolinização (Tabela 5).

Tabela 5 - Desdobramento de médias de porcentagem de germinação de plântulas e índice de velocidade de emergência de plântulas de matrizes de *Eucalyptus urophylla*, *E. grandis* e Híbridas de *E. urophylla* x *E. grandis* e Índices de depressão (A: média esperada em homozigose; d: contribuição de heterozigotos; l: depressão por endogamia) por endogamia das progêneses autopolinizadas (Auto) de polinização cruzada (Cruzada) em pomar de hibridação pertencente a Eldorado Brasil SA em Andradina-SP.

Porcentagem de Germinação						Índice de Velocidade de Emergência					
Matriz	<i>Eucalyptus grandis</i>					Matriz	<i>Eucalyptus grandis</i>				
	Auto	Cruzada	A	d	l		Auto	Cruzada	A	d	l
GRD109	31.3 Ab	25.0 Ac	37.6	-12.60	6.30	GRD109	0.69 Ab	0.69 Ac	0.69	0.00	0.00
GRD114	36.3 Aa	10.0 Bd	62.6	-52.60	26.30	GRD114	0.79 Ab	0.20 Ad	1.38	-1.18	0.59
GRD124	37.5 Aa	45.0 Ab	30.0	15.00	-7.50	GRD124	1.56 Aa	1.27 Ab	1.85	-0.58	0.29
GRD144	11.3 Bc	47.5 Aa	-24.90	72.40	-36.20	GRD144	0.25 Bc	1.42 Aa	-0.92	2.34	-1.17
Média	30.49 C'		26.33	5.55	-2.78	Média	0.86 C'		0.75	0.15	-0.07
	<i>Eucalyptus urophylla</i>						<i>Eucalyptus urophylla</i>				
	Auto	Cruzada	A	d	l		Auto	Cruzada	A	d	l
URO12	67.5 Ac	63.8 Ac	71.2	-7.40	3.70	URO12	2.05 Ac	2.53 Ab	1.57	0.96	-0.48
URO151	75.0 Ab	70.0 Ab	80.0	-10.00	5.00	URO151	2.94 Ab	2.60 Ab	3.28	-0.68	0.34
URO163	82.5 Aa	72.5 Ab	92.5	-20.00	10.00	URO163	3.57 Aa	3.08 Aa	4.06	-0.98	0.49
URO180	5.00 Be	22.5 Ad	-12.5	35.00	-17.50	URO180	0.05 Ae	0.49 Ad	-0.39	0.88	-0.44
URO20	62.5 Ad	75.0 Aa	50.0	25.00	-12.50	URO20	1.73 Ad	2.39 Ac	1.07	1.32	-0.66
Média	59.63 B'		56.24	4.52	-2.26	Média	2.14 A'		1.92	0.30	-0.15
	Híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>						Híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>				
	Auto	Cruzada	A	d	l		Auto	Cruzada	A	d	l
670	36.3 Ad	36.3 Ad	36.3	0.00	0.00	670	0.58 Ac	0.68 Ae	0.48	0.20	-0.10
E08	72.5 Ab	78.8 Ab	66.2	12.60	-6.30	E08	1.53 Ab	1.33 Ad	1.73	-0.40	0.20
E133	86.3 Aa	88.3 Aa	84.3	4.00	-2.00	E133	2.63 Aa	2.18 Ab	3.08	-0.90	0.45
E17	65.0 Ac	62.5 Ac	67.5	-5.00	2.50	E17	1.40 Ab	1.48 Ac	1.32	0.16	-0.08
TCA94	87.5 Aa	85.0 Aa	90.0	-5.00	2.50	TCA94	2.43 Aa	2.33 Aa	2.53	-0.20	0.10
Média	69.85 A'		68.86	1.32	-0.66	Média	1.66 B'		1.83	-0.23	0.11

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Própria autora.

Pormenorizando, duas matrizes de cada uma das espécies estudadas apresentaram depressão por endogamia para EM% sendo GRD124, GRD144, URO180, URO20, E08 e E133. O caractere índice de velocidade de emergência de plântulas apresentou depressão para uma única matriz da espécie *E. grandis* (GRD144). Já para a *E. urophylla*, das cinco matrizes, três apresentam depressão (URO12, URO180 e URO20), seguindo com o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* a depressão se apresentam para a 670 e o E17 (Tabela 5).

O caractere NS 0.01g foi a única que demonstrou interação entre espécie e polinização, sendo que *E. grandis* e o híbrido apresentaram interação positiva, ou seja, quando autopolinizadas as sementes eram de maiores dimensões e massa, consequentemente, implica-se que é necessário um menor número de sementes para

se ter 0.01g (Tabela 6). Já para *E. urophylla*, o tamanho das sementes reduziu com a autopolinização, sementes de menores dimensões possuem menor vigor segundo Fowler (2021). Para o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* a matriz E17 é a única que apresenta depressão por endogamia para este caractere. Enquanto para a espécie *E. urophylla* das cinco matrizes analisadas, três delas apresentam depressão por endogamia, sendo elas a URO12, URO163 e URO20. Já para a espécie *E. grandis* foram analisadas quatro matrizes, tendo constatado depressão nas matrizes GRD114 e GRD124 (Tabela 6).

Tabela 6 - Desdobramento de médias de números de sementes por 0.01 gramas de matrizes de *Eucalyptus urophylla*, *E. grandis* e Híbridas de *E. urophylla* x *E. grandis* e Índices de depressão (A: média esperada em homozigose; d: contribuição de heterozigotos; l: depressão por endogamia) por endogamia das progênes autopolinizadas (Auto) de polinização cruzada (Cruzada) em pomar de hibridação pertencente a Eldorado Brasil SA em Andradina-SP.

Número de Sementes por 0.01 gramas					
Matriz	<i>Eucalyptus Grandis</i>				
	Auto	Cruzada	A	d	l
GRD109	8.80 Ab	8.25 Ab	9.35	-1.10	0.55
GRD114	9.85 Ba	12.1 Aa	7.60	4.50	-2.25
GRD124	7.45 Bc	8.45 Ab	6.45	2.00	-1.00
GRD144	7.60 Ac	7.60 Ac	7.60	0.00	0.00
	<i>Eucalyptus Urophylla</i>				
	Auto	Cruzada	A	d	l
URO12	7.15 Bb	10.2 Aa	4.1	6.10	-3.05
URO151	6.40 Ac	5.55 Ac	7.25	-1.70	0.85
URO163	3.35 Ad	4.25 Ad	2.45	1.80	-0.90
URO180	6.50 Ac	5.40 Bc	7.60	-2.20	1.10
URO20	8.05 Ba	9.30 Ab	6.80	2.50	-1.25
	Híbrido <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>				
	Auto	Cruzada	A	d	l
670	6.40 Aa	4.20 Bc	8.6	-4.40	2.20
E08	6.35 Aa	5.20 Bb	7.5	-2.30	1.15
E133	3.50 Ac	3.25 Ad	3.75	-0.50	0.25
E17	5.40 Bb	6.60 Aa	4.20	2.40	-1.20
TCA94	6.30 Aa	5.50 Ab	7.10	-1.60	0.80
Polinização	<i>E. grandis</i>	<i>E. urophylla</i>	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>		
Auto	8.43 Ab	6.29 Bb	5.59 Ca		
Cruzada	9.08 Aa	6.94 Ba	4.95 Cb		

Nota: Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Própria autora.

Foram estudados sete caracteres, sendo que quatro voltados para os frutos e três para as sementes, em quatorze matrizes para três espécies em dois tipos de polinização, buscando compreender se a autopolinização seria viável para os

programas de melhoramento de espécies florestais, com ênfase nas espécies de eucalipto. Dentre as matrizes estudadas, a que menos apresenta depressão por endogamia é a URO12, com apenas dois caracteres com depressão (IVE e NS 0.01g). Por mais que os outros caracteres não sofram com índices de depressão, esses valores representam uma maior demora na velocidade de emergência da plântula, e para pesar 0.01g, serão necessárias mais sementes.

Já as matrizes que apresentam caracteres afetados com a depressão, sendo seis em sete, as matrizes GRD144 e URO180, onde ambas não possuem depressão para o caractere NS 0.01g. O caractere que mais é afetado com a depressão é o caractere comprimento do fruto, sendo encontrado para dez das quatorzes matrizes. Por outro lado, os caracteres que menos apresentam índices de depressão por endogamia, foram os que estão relacionados as sementes (EM%, IVE e NS 0.01g) em seis das quatorzes matrizes, bem distribuídos entre as espécies.

5 CONCLUSÃO

- É possível obter famílias de autopolinização em *Eucalyptus* spp.;
- Não há padrão de depressão por endogamia associada a espécie. No entanto o *E. urophylla* e o híbrido tem maior frequência de matrizes que sofrem depressão por endogamia;
- A depressão por endogamia é dependente da matriz avaliada, e se apresenta diferentemente para os caracteres estudados e tem comportamento variável para cada uma das espécies;
- *Eucalyptus urophylla* a matriz URO12 não apresenta depressão para a maioria dos caracteres (dois em sete). *Eucalyptus grandis* a matriz GRD114 não apresenta depressão para seis dos os caracteres. Híbrido *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*, a matriz TCA94 não apresenta depressão para nenhum dos caracteres.

REFERÊNCIAS

A FUGA das Galinhas: a ameaça dos nuggets. Direção de Sam Fell. Produção de Karey Kirkpatrick, Nick Park, Paul Kewley, Peter Lord. Intérpretes: Thandiwe Newton, Zachary Levi, Bella Ramsey. Roteiro: Karey Kirkpatrick, John O'Farrell, Rachel Tunnard. Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte: Netflix, 2023. (101 min.).

ASSAD, E. D.; MONTEIRO, J. E. B. de A.; PUGLIERO, V. S. Mudanças do clima e a cultura do eucalipto. *In*: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JÚNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa**: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Cap. 8. p. 357-394. (ISBN 978-65-87380-04-9). Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/item/14>. Acesso em: 04 dez. 2023.

ASSIS, T. F. de. Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas. *In*: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3, 2015, Campinas. **Anais [...]** Campinas: [s. n.], 2015. p. 127-148.

AMABILE, R. F.; VILELA, M. S.; PEIXOTO, J. R. (ed.). **Melhoramento de plantas**: variabilidade genética, ferramentas e mercado. Brasília, DF: Proimpress - Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2018. 108 p.

BELTRAME, R. *et al.* Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 6, p. 791-796, jun. 2012.

BERNINI, C. S. *et al.* Depressão endogâmica e heterose de híbridos de populações F2 de milho no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 3, p. 217-223, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/brag.2013.038>.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 8. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. 384 p.

BOTELHO, T. T. **Estratégias para seleção de progênies de sorgo sacarino com base em múltiplos caracteres**. 2019. 59 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2020.

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, R. A. *et al.* Desempenho dos descendentes de clones de *Eucalyptus* spp. autofecundados e cruzados. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 264-270, jul./set. 2007.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman Malaysia, 1996. 463 p.

FARIA, J. R. *et al.* Desenvolvimento de *Eucalyptus urograndis* no município de Corumbá-GO. **Ensaio e Ciência**: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 09-27, mar. 2013.

FLORES, T. B. *et al.* **Eucalyptus no Brasil**: zoneamento climático e guia para identificação. Piracicaba: IPEF, 2016. 448 p.

FOWLER, J. A. P. Produção, tecnologia e uso das sementes de eucalipto no Brasil. *In*: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JÚNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa**: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília: Embrapa, 2021. Cap. 21. p. 795-821. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/item/14>. Acesso em: 20 dez. 2023.

GONTIJO, D. de O. **Silvicultura do Eucalipto**: principais espécies cultivadas no Brasil e suas características. 2018. 53 f. Monografia (Especialização em Manejo Florestal de Precisão) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

GRATTAPAGLIA, D. Genômica aplicada à genética e melhoramento de *Eucalyptus* na Embrapa: 25 anos de avanços e as perspectivas para o futuro. *In*: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JÚNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa**: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Cap. 4. p. 203-267. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/item/14>. Acesso em: 04 nov. 2023.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório anual IBÁ 2023**. ESG Tech, 2023. 91 p. iba.org

JEROMINI, T. S. *et al.* Determinação da metodologia para o teste de germinação de sementes de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (Myrtaceae). **Biotemas**, Florianópolis, v. 33, n. 2, p. 1-8, 25 maio 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2020.e70268>.

JUNGHANS, T. G. *et al.* The use of self-incompatibility in the production of hybrid eucalyptus seed by 'Aracruz Celulose' in Brazil. **Genetics And Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 3, p. 375-379, set. 1998. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-47571998000300015>.

LIMA, M.; FURLANI, P. R.; MIRANDA FILHO, J. B. de. Divergent selection for aluminium tolerance in a maize (*Zea mays* L.) population. **Maydica (Italy)**, Bergamo, v. 37, n. 1, p. 123-132, 1992.

LOPES, B. G. *et al.* Classificação do coeficiente de variação para experimentos com mudas de eucalipto em casa de vegetação. **Revista Ciência Agronômica**, [s. l.], v. 52, n. 4, p. 1-14, out. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20210050>.

MAGUIRE, J. D. Speed of Germination-Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor 1. **Crop Science**, Hoboken, v. 2, n. 2, p. 176-177, 01 mar. 1962. DOI: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183x000200020033x>.

MIRANDA FILHO, J. B. de. Inbreeding Depression and Heterosis. *In*: COORS, J. G.; PANDEY, S. (ed.). **Genetic and exploitation of heterosis in crops**. Madison: American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc., 1999. Cap. 7. p. 69-80.

MORAES, C. B. de *et al.* Estimativas dos parâmetros genéticos para seleção de árvores de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 623-629, dez. 2014.

MOREIRA, S. O. *et al.* Caracterização fenotípica e parâmetros genéticos de mirtáceas nativas da Floresta Atlântica. **Scientia Plena**, Itabaiana, v. 19, n. 10, p. 1-13, 9 nov. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.14808/sci.plena.2023.100203>.

MORE: Mecanismo online para referências, versão 2.0. Florianópolis: UFSC Rexlab, 2013. Disponível em: <http://www.more.ufsc.br/>. Acesso em: 16 jan. 2024.

NICOLLE, D. **Classification of the eucalypts (*Angophora*, *Corymbia* and *Eucalyptus*) Version 4**. 2019. 56 p. Disponível em: <http://www.dn.com.au/Classification-Of-The-Eucalypts.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2023.

OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JÚNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília: Embrapa, 2021. 1160 p. (ISBN 978-65-87380-04-9). Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/item/14>. Acesso em: 20 dez. 2023.

OLIVEIRA, N. G. D. de. **Propriedades acústicas de pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* mart. & zucc), pau-branco (*Auxemma oncocalyx* (Allemão) Taub.) e eucalipto (*Eucalyptus urograndis*)**. 2020. 76 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5746>. Acesso em: 01 dez. 2023.

PALUDZYSZYN FILHO, E. *et al.* **Estratégias para o melhoramento de eucaliptos tropicais na embrapa**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 29 p. (Documentos, 99). ISBN 1679-2599. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc99.pdf>. Acesso em: 31 out. 2023.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos. **Programa de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 68 p. (Documentos, 214). Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/publica/seriedoc/edicoes/doc214.pdf>. Acesso em: 31 nov. 2023.

PENA, G. F. **Progênies parcialmente endogâmicas no melhoramento do milho-pipoca: Análise biométrica de *Topcrosses* e divergência genética funcional por marcadores SSR-EST**. 2015. 127 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2015.

PEREIRA, J. L. **Composição química dos óleos essenciais de espécies de eucalyptus l' herit (myrtaceae)**. 2010. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

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, DF: Embrapa, 2014. Cap. 1. p. 11-12. (Embrapa Florestas).

QUEIROZ, L. R. de S.; BARRICHELO, L. E. G. **O eucalipto: um século no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Neoband Soluções, 2007. 127 p.

RESENDE, M. D. V. *et al.* E. Seleção genômica ampla (GWS) e maximização da eficiência do melhoramento genético. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 56, p. 63-77, jan./jun. 2008.

ROS, C. O. da *et al.* Uso de Substrato Compostado na Produção de Mudanças de *Eucalyptus dunnii* e *Cordia trichotoma*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 4, p. 549-558, 23 out. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.115714>.

SÁ, L. F. de; TAMBARUSSI, E. V. Melhoramento genético como estratégia de gestão da produtividade florestal. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 99-112, 7 jul. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.24278/2178-5031.202335106>.

SANTOS, B. C. dos *et al.* Melhoramento Genético em *Eucalyptus* spp. com uso de hibridação para produção de celulose e papel. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO, 8., 2017, Palmas. **Resumos [...]** Palmas: UFTO, 2017. p. 1-8.

SANTOS, R. S.; BARBOSA, J. J. **Template para produção de trabalhos acadêmicos na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Unesp**. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Biblioteca, 2021. 41 p. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/#!/biblioteca/>. Acesso em: 12 nov. 2023.

SILVA, P. H. M. da; MORAES, C. B. de; MORI, E. S. **Polinização controlada em eucaliptos nas empresas florestais brasileiras**. 204. ed. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2012. (Circular Técnica IPEF). Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/>. Acesso em: 12 nov. 2023.

SILVEIRA, L. S. da. **Seleção genômica para características categóricas em Eucalipto**. 2017. 41 f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2017.

SOUSA, J. E. de. **Métodos de isolamento de inflorescências para autofecundações em Eucalyptus spp.** 2020. 74 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2020.

SOUSA, V. A. de; AGUIAR, A. V. de; PINTO JÚNIOR, J. E. Manuseio de pólen e produção de híbridos de *Eucalyptus* e *Corymbia*. In: OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JÚNIOR, J. E. (ed.). **O eucalipto e a Embrapa**: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília: Embrapa, 2021. Cap. 5. p. 269-312. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/item/14>. Acesso em: 04 dez. 2023.