

RESSALVA

Atendendo a solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 29/07/2025.

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

MARCELO AUGUSTO BALDOINO GOMES

**DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA PARA CARACTERES TECNOLÓGICOS DE
SEMENTES E FRUTOS DE *Eucalyptus grandis***

Ilha Solteira

2021

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

MARCELO AUGUSTO BALDOINO GOMES

**DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA PARA CARACTERES TECNOLÓGICOS DE
SEMENTES E FRUTOS DE *Eucalyptus grandis***

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Agronomia. Especialidade: Sistemas de Produção - Linha de pesquisa: “Genética, melhoramento vegetal e propagação de plantas”.

Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan
Orientador

Ilha Solteira

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- G633d Gomes, Marcelo Augusto Balduino.
Depressão por endogamia para caracteres tecnológicos de sementes e frutos de *Eucalyptus grandis* / Marcelo Augusto Balduino Gomes. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2021
27 f. : il.
- Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2021
- Orientador: Bruno Ettore Pavan
Inclui bibliografia
1. Eucalyptus. 2. Melhoramento genético. 3. Tecnologia. 4. Polinizações. 5. Depressão endogamia.

Elaborada por Raiane da Silva Santos - CRB-8/9999

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA PARA CARACTERES DE FRUTOS E
SEMENTES DE *Eucalyptus grandis*

AUTOR: MARCELO AUGUSTO BALDOINO GOMES

ORIENTADOR: BRUNO ETTORE PAVAN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Agronomia, área:
Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. BRUNO ETTORE PAVAN (Participação Virtual)

Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Dr. ALEXANDRE MARQUES DA SILVA (Participação Virtual)

Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA (Participação Virtual)

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - UNESP

Ilha Solteira, 29 de julho de 2021

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus, que me proporciona a força necessária para superar a cada dia. À minha esposa amada *Mírian Oliveira Santos*, pela paciência e todo tempo dedicado a mim.

Aos meus pais (*José Gomes e Maria Aparecida*) e ao meu filho *Benjamin*.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan, pela orientação, por todos os ensinamentos compartilhados, pela confiança, apoio e por contribuir para efetivação de mais uma etapa de minha vida acadêmica.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP) pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

Agradeço aos professores, por contribuírem com excelência para minha formação acadêmica e aos servidores técnico-administrativos por todo suporte dado.

Aos membros da banca examinadora de defesa, Prof. Dr. Rinaldo C. de Paula, Prof. Dr. Bruno Ettore Pavan, Dr. Alexandre Marques da Silva.

Aos funcionários da Eldorado Brasil - Viveiro de mudas: Andradina (SP).

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da FEIS/UNESP, à CAPES.

À Fundação de Ensino, Pesquisa e Extensão da Unesp de Ilha Solteira (Fepisa).

À minha amada Família: minha mãe Maria Aparecida, meu pai José Gomes, minha esposa Mírian e meu filho Benjamin.

Obrigado a todos!!!

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

"No essencial, a unidade; na dúvida, a liberdade; em tudo, a caridade."

Santo Agostinho

RESUMO

Entre os gêneros de espécies florestais importantes economicamente, o *Eucalyptus* no Brasil destaca-se devido a sua expressiva produtividade. É utilizado como matéria prima nas indústrias de papel e celulose, fonte de carvão vegetal, fabricação de móveis, pisos, revestimentos e na construção civil, dentre outros. Devido à relevância econômica do eucalipto, os programas de melhoramento genético possuem o desafio de desenvolver clones que apresentem boa produtividade, adaptação a ambientes estressantes, resistência a pragas e melhor qualidade dos diversos produtos florestais. Em consonância com os ideais supracitados, o presente trabalho propõe estudar os resultados da autofecundação dentro de uma população de *Eucalyptus grandis*, com o objetivo de fundamentar os estudos referentes à depressão endogâmica na *Eucalyptus grandis*. Para desenvolvimento do trabalho serão utilizadas matrizes *Eucalyptus grandis* implantadas em Pomar de polinização controlada no Viveiro de mudas da Eldorado localizado em Andradina - SP. Foram analisados os efeitos da autofecundação, para isso avaliou-se as sementes e frutos oriundos dos cruzamentos. Para quantificação dos resultados obtidos serão efetuadas análises por meio de programas genéticos estatísticos.

Palavras-chave: *Eucalyptus*; melhoramento genético; tecnologia; polinizações; depressão endogamia.

ABSTRACT

Among the economically important forest species, *Eucalyptus* stands out in Brazil due to its expressive productivity. It is used as a raw material in the paper and cellulose industries, as well as a source of charcoal, furniture, flooring, coatings and civil construction, among others. For its economic relevance, genetic improvement programs have the challenge of developing clones that present good or better productivity, adaptation to stressful environments, resistance to pests and better quality of the various forest products. In line with the aforementioned ideals, the present work proposes to study the results of self-fertilization within a population of *Eucalyptus grandis* kind, with the objective of supporting the studies concerning inbreeding depression in *Eucalyptus*. For the development of this work, *Eucalyptus grandis* implanted in a controlled pollination orchard in the Eldorado seedling nursery located in Andradina – SP. The effects of self-fertilization will be analyzed, and the seeds and fruits from these crosses will be evaluated. To quantify the results obtained, analyzes will be carried out by means of statistical genetic programs.

Keywords: *Eucalyptus*; genetic improvement; technology; pollinations; inbreeding depression.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resumo da análise de variância para caracteres tecnológicos de sementes e frutos.....	21
Tabela 2	Desdobramento do teste de médias de <i>Eucalyptus grandis</i> autofecundados e de polinização livre para caracteres tecnológicos de frutos.....	23
Tabela 3	Estimativas de depressão por endogamia (I), contribuição dos homozigotos (A) e dos heterozigotos (d*) para a média observada na população.....	23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Evolução da produtividade volumétrica do Gênero <i>Eucalyptus</i> no Brasil.....	14
Figura 2	Amadurecimento e polinização.....	17
Figura 3	Localização e Dimensões da área do Jardim Clonal da Eldo.....	20
Figura 4	Contagem e Armazenamento de Sementes de <i>Eucalyptus grandis</i>	20
Figura 5	Comparação de Sementes oriundas de fecundação livre e autofecundação, respectivamente.....	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1	<i>Eucalyptus grandis</i>	13
2.2	Melhoramento florestal.....	15
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1	Localização e caracterização do ambiente do experimento.....	18
4	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	21
4.1	Depressão por Endogamia.....	23
5	CONCLUSÃO.....	24
	REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento do cultivo florestal de espécies de grande importância econômica, abriu-se um leque de possibilidades tecnológicas a fim de promover melhorias nas condições das espécies cultivadas através do melhoramento genético. A Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ) em seu relatório de 2017 declara que a área total de árvores plantadas no Brasil totalizou 7,84 milhões de hectares em 2016, crescimento de 0,5% em relação ao ano de 2015, devido exclusivamente ao aumento das áreas com eucalipto.

Em seu Relatório de 2017 a IBÁ aponta que nos últimos cinco anos, a produtividade do eucalipto aumentou somente 0,2% a.a. O crescimento mais tímido tem sido atribuído ao impacto das alterações climáticas no regime de chuva de grande parte do território nacional, além do avanço do plantio para novas fronteiras florestais. Os plantios de eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares da área de árvores plantadas do País e estão localizados, principalmente, em Minas Gerais (24%), em São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%). Nos últimos cinco anos, o crescimento da área de eucalipto foi de 2,4% a.a. O Mato Grosso do Sul tem liderado esta expansão, registrando aumento de 400 mil hectares neste período, com uma taxa média de crescimento de 13% a.a.

Dentre as espécies mais plantadas, o *Eucalyptus grandis* é a mais cultivada no país, devido aos seus inúmeros usos aliado com fatores como rápido crescimento da espécie, características silviculturais desejáveis, propriedades diversas da madeira, importância econômica e variabilidade genética grande (MIRANDA, 2012). O *Eucalyptus grandis* tem uma vasta aptidão climática, podendo ser plantado em aproximadamente 1,5 milhão de hectares, o que corresponde por 17,6% do território nacional (Garcia *et al.*, 2014), sabe-se que o *Eucalyptus grandis* pode cruzar com outras espécies, gerando híbridos, sendo que, frequentemente, é enfatizada a boa capacidade de combinação com o *Eucalyptus urophylla* (REZENDE; RESENDE, 2000; ASSIS, 2000; BAUDOUIN *et al.*, 1997; FERREIRA; SANTOS, 1997). Esses híbridos, são muito utilizados pelas empresas florestais por apresentarem grande produtividade e menor suscetibilidade a doenças, como resistência ao cancro (*Cryphonectria cubensis*) (MOURA *et al.*, 1980).

O aproveitamento dos híbridos deve-se principalmente pelo vigor apresentado por alguns indivíduos e, na maioria dos casos, pela combinação de características favoráveis das espécies parentais.

No entanto, para que aumente a probabilidade de se encontrar combinações híbridas superiores, é necessário aumentar a frequência de alelos favoráveis dentro das populações

base, que pode ser obtido via seleção recorrente intrapopulacional (MIRANDA FILHO; VIEGAS, 1987). A expectativa é de que os híbridos gerados entre os genitores com base em seus valores genéticos preditos em populações divergentes e, portanto, portadores de boa capacidade geral e específica de combinação apresentem superioridade ao longo das gerações em esquemas de seleção recorrente recíproca (ROCHA *et al.*, 2007).

Porém, os ciclos de seleção recorrente em eucaliptos são longos, o que veem desencorajando as empresas de base florestal de utilizá-la. Uma das formas de acelerar os ganhos por ciclo seletivo seria a adoção de progênies endogâmicas, que tem por vantagem a manifestação de alelos deletérios nas populações e consequentemente, eliminá-los. Para tanto, é necessário o estudo da depressão por endogamia, ou perda de vigor, o *Eucalyptus grandis*, apesar de ser uma espécie considerada alógama apresenta uma taxa de autofecundação 30%, O que leva a crer que a condução de progênies S1 é possível.

Contudo, estudos pormenorizados dos efeitos da depressão por endogamia devem ser conduzidos para melhor procedimento dentro dos programas de melhoramento da espécie, sendo que, as estimativas da depressão por endogamia possibilitam inferir a respeito da estrutura genética das populações e do tipo de ação gênica predominante no controle genético dos caracteres (GRIFFIN; COTTERILL, 1988; HARDNER; POTTS, 1995). Na cultura do eucalipto existem poucos relatos dessas estimativas

5 CONCLUSÃO

Os caracteres tecnológicos de sementes foram afetados de forma distinta entre as matrizes, exceto o carácter número de sementes, que, devido a uma taxa considerável de homozigose presente em seu pool gênico. Por tipo de polinização, sendo que a depressão por endogamia se manifestou com mais ou menos intensidade entre os diferentes materiais genéticos.

O carácter peso foi o mais afetado com a depressão por endogamia, o diâmetro apresentou alto número de contribuição homozigotos, demonstrando assim que essas matrizes teriam um grande potencial para melhoramento genético, já que apresentam maior ação dos alelos homozigóticos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE; L.A.; PEREIRA; I.M.; DORNELAS, G.V. Análise da vegetação arbóreo-arbustiva; espontânea; ocorrente em taludes íngremes no município de Areia- estado da Paraíba. **Revista Árvore**. Viçosa, MG; v. 26, n. 2, p. 165-172, 2002.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585 p. v. 2.
- LIMA, M.; MIRANDA FILHO, J. B.; GALLO, P. B. Inbreeding depression in Brazilian populations of maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, v. 29, p. 203-215, 1984.
- RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R. Estratégias de melhoramento para eucaliptos visando a seleção de híbridos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 21, p.49-60, 1990.
- ROCHA, M. das D. de B.; PIRES, I. E.; ROCHA, R. B.; XAVIER, A. CRUZ, C.D. Seleção de genitores de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla* para a produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/BLUP e informação de divergência genética. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 977-987, 2007.
- SOUZA JÚNIOR, C. L. Melhoramento de espécies autógamas. *In*: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (ed.). **Recursos genéticos e melhoramento**: plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 159-199.
- CARVALHO, A. D. F.; GERALDI, I. O. **Histórico do melhoramento genético de eucalipto no Brasil**. [S. l.: s. n.], 2021.
- ESTOPA, R. A. **Comparação do desempenho no viveiro e no campo dos descendentes de clones de *Eucalyptus spp.* autofecundados e cruzados**. 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- 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.
- GARCIA, L. G.; FERRAZ, S. F. B.; ALVARES, C. A.; FERRAZ, K. M. P. M. B.; RIGA, R. C. V. Modelagem da aptidão climática do *Eucalyptus grandis* frente aos cenários de mudanças climáticas no Brasil. **Scientia Forestalis (IPEF)**, Piracicaba, v. 42, p. 1, 2014.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: São Paulo: Nobel 1990. 468 p.
- 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.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório 2017**. São Paulo, 2017. Disponível em:https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf. Acesso em: 01 set. 2020.

JOVANOVIĆ, T.; BOOTH, T. Improved species climatic profiles. **A report for the Joint Venture Agroforestry Program**. RIRDC Publication No. 02/095, RIRDC, Canberra, 2002.

LATORRE, F. L.; MENDES, F.; SOARES, L.; SAMPAIO, R. A carbonização contínua - carboval e a cogeração de energia. *In: SEMINÁRIO DE REDUÇÃO DE MINÉRIOS E MATÉRIAS-PRIMAS*, 47., 2017, São Paulo. **Proceedings** [...] São Paulo: ABM, 2017.

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

MIRANDA, A. C. **Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Eucalyptus grandis***. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência
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, DF: Embrapa-CPAC, 1980. 104 p. (Embrapa-CPAC. Boletim de Pesquisa, 1).

PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1978. 650 p.

POTTS, B.; GORE, P. Reproductive biology and controlled pollination of *Eucalyptus*- a review. **Biology, Environmental Science**, [s. l.], 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.

SANTOS, M. F. *et al.* Responses to reciprocal recurrent selection and changes in genetic variability in IG-1 and IG-2 maize populations. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 28, n. 4, p. 781-788, 2005.

VEIGA, R.D. *et al.* Eficiência dos dialelos circulantes na escolha dos genitores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 7, p. 1395-1406, 2000.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP. Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA. **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. v. 1.