

**GUSTAVO LAPORINÊ BAÊSSO E SILVA**

**SELEÇÃO DE HÍBRIDOS MULTI-ESPÉCIES DE *EUCALYPTUS* TOLERANTES AO DÉFICIT HÍDRICO, INSETOS E FUNGOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Glêison Augusto dos Santos

Coorientadores: Andrei Caíque Pires Nunes  
Norivaldo dos Anjos Silva

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S586s  
2020  
Silva, Gustavo Laporinê Baêso e, 1992-  
Seleção de híbridos multi-espécies de eucalyptus tolerantes  
ao déficit hídrico, insetos e fungos / Gustavo Laporinê Baêso e  
Silva. – Viçosa, MG, 2020.  
1 dissertação eletrônica (117 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexo.

Orientador: Gleison Augusto dos Santos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Engenharia Florestal, 2020.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.522>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Eucalipto - Resistência à seca. 2. Eucalipto - Resistência  
à doenças e pragas - Aspectos genéticos. 3. Eucalipto -  
Melhoramento genético. 4. Déficit hídrico. I. Santos, Gleison  
Augusto dos, 1977-. II. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Engenharia Florestal. Programa de  
Pós-Graduação em Ciência Florestal. III. Título.

GFDC adapt. CDD 634.918131

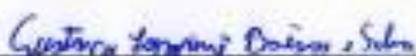
GUSTAVO LAPORINÊ BAËSSO E SILVA

**SELEÇÃO DE HÍBRIDOS MULTI-ESPÉCIES DE *EUCALYPTUS* TOLERANTES AO DÉFICIT HÍDRICO, INSETOS E FUNGOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 30 de outubro de 2020.

Assentimento:

  
Gustavo Laporinê Baêssos e Silva  
Autor

  
Gleison Augusto dos Santos  
Orientador

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais – Marialma e Laporinê – por todo o apoio incondicional e por sempre acreditarem e investirem na minha formação pessoal e profissional.

À minha irmã, Raphaela Baêso, minha referência acadêmica de toda a vida.

Aos meus tios Maria José, Antônio, Alceant e Carlos, e à minha prima Luiza pela força e suporte que me dão, mesmo a longas distâncias.

Ao meu amigo, mentor e orientador Gleison dos Santos, por todas as oportunidades, ensinamentos e bons momentos que me proporcionou durante os anos que trabalhamos juntos.

Aos meus amigos de faculdade Pedro, André e Robert, por acreditarem nos sonhos que sonhamos juntos.

Aos estudantes e estagiários que participaram do Projeto Tolerância a Seca, pelo empenho e apoio em alcançar os objetivos do projeto. Ninguém faz nada sozinho.

Às empresas financiadoras do projeto por confiarem na minha capacidade técnica de coordenar o Projeto Tolerância à Seca.

À SIF, por viabilizar e coordenar um projeto de tamanha relevância para o setor florestal.

À Universidade Federal de Viçosa por ter me permitido estudar em uma das melhores universidades do país oferecendo aos seus estudantes um ensino público, gratuito e de qualidade.

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

## RESUMO

SILVA, Gustavo Laporinê Baêso e, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2020. **Seleção de híbridos multi-espécies de *eucalyptus* tolerantes ao déficit hídrico, insetos e fungos.** Orientador: Glêison Augusto dos Santos. Coorientadores: Andrei Caíque Pires Nunes e Norivaldo dos Anjos Silva.

O Brasil possui a maior produtividade florestal do mundo. Parte desse sucesso pode ser atribuído ao intenso trabalho de melhoramento genético de *Eucalyptus* realizado no país a partir da década de 1970. Embora apresente atualmente um grande número de materiais genéticos adaptados às diversas condições edafoclimáticas do extenso território brasileiro, eventos imprevisíveis associados a alterações climáticas – como a má distribuição das chuvas – são uma realidade para a qual o setor florestal precisa estar atento, de forma a prever e se antecipar à futuros desafios da silvicultura. Neste contexto, o presente trabalho objetivou identificar novos indivíduos e famílias híbridas com potencial de sobrevivência e crescimento mesmo em condições de déficit hídrico, e que também associam características de tolerância ao ataque de pragas e doenças. Para o caráter produtividade (IMA), foram observadas herdabilidades baixas a moderadas nos três sites avaliados. O site em Buritizeiro-MG se mostrou o local mais adequado para se praticar a seleção precoce aos 6 meses de idade para o caráter IMA, permitindo maiores ganhos de seleção e maior variabilidade genética entre os genótipos. Os cruzamentos entre (*E. urophylla* HE) x (*E. camaldulensis*) se destacaram na avaliação de potenciais progênies, potenciais genitores e potenciais clones tolerantes ao déficit hídrico para o caráter IMA. Cruzamentos envolvendo *E. camaldulensis*, *E. brassiana* e *E. pellita* estiveram entre as primeiras posições dos rankings, confirmando o potencial de introdução destas espécies em programas de melhoramento visando tolerância à seca. Foi desenvolvida e apresentada neste trabalho uma proposta inovadora de unir a seleção por crescimento em volume (tolerância seca) e tolerância genética a pragas e doenças. Os índices gerados se mostraram adequados, podendo apresentar aplicação prática em programas de melhoramento florestal.

Palavras-chave: *Eucalyptus*. Déficit hídrico. Hibridação. Tolerância à seca. Tolerância a pragas.

## ABSTRACT

SILVA, Gustavo Laporinê Baêso e, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2020. **Selection of multi-species hybrids of *eucalyptus* tolerant to water deficit, insects and fungi.** Adviser: Glêison Augusto dos Santos. Co-advisers: Andrei Caíque Pires Nunes and Norivaldo dos Anjos Silva.

Brazil has the highest forest productivity in the world. Part of this success can be attributed to the intense work on genetic improvements of *Eucalyptus* carried out in the country since the 1970s. Although it currently presents a large number of genetic materials adapted to the diverse edaphoclimatic conditions of the vast Brazilian territory, unpredictable events associated with climate change - as the bad distribution of the rainfall - are a reality for which the forestry sector needs to be attentive, in order to foresee and anticipate the future challenges of silviculture. In this context, the present work aimed to identify new hybrid individuals and families with potential for survival and growth even in conditions of water scarcity, which also show characteristics of tolerance to attacks by pests and diseases. For the productivity character (IMA), low to moderate heritabilities were observed in the three evaluated sites. The site in Buritizeiro-MG proved to be the most suitable place to practice early selection at 6 months of age for the IMA character, allowing for greater selection gains and greater genetic variability between genotypes. The crossings between (*E. urophylla* HE) x (*E. camaldulensis*) stood out in the evaluation of potential progenies, potential parents and potential clones tolerant to water deficit for the IMA character. Crossings involving *E. camaldulensis*, *E. brassiana* and *E. pellita* were among the first positions in the rankings, confirming the potential of introducing these species into breeding programs aimed at drought tolerance. An innovative proposal was developed and presented in this work to unite selection by growth in volume (drought tolerance) and genetic tolerance to pests and diseases. The generated indices proved to be adequate, and may have practical application in forest improvement programs.

Keywords: *Eucalyptus*. Water deficit. Hybridization. Drought tolerance. Pest tolerance.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - a) execução da técnica de polinização "PAI"; b) realização de cruzamentos controlados no pomar "Assis Indoor"; c) botões florais já polinizados, devidamente marcados e identificados.....41
- Figura 2 - Bancadas construídas no viveiro de pesquisas florestais da UFV para a produção de mudas do Projeto Tolerância a Seca..... 54
- Figura 3 - Sementes híbridas prontas para o semeio, A; operação de cobertura das sementes com fina camada de substrato peneirado, B; tubetes semeados protegidos por tela de sombreamento durante a germinação das sementes, C.....55
- Figura 4 - Processo de repicagem das plântulas ..... 56
- Figura 5 - Representação geográfica dos três site escolhidos para receberem os experimentos de campo..... 60
- Figura 6 - a) Conchas fabricadas pelo *G. brimblecombei* durante os primeiros instares, e necrose causada na folha. b) folha apresentando alta infestação do psilidio-de-concha c) folha severamente danificada pelo inseto, já em processo avançado de necrose e senescência. Observa-se nesta foto c) um acúmulo de insetos na nervura principal da folha, o que provavelmente causou danos ao sistema de condução, impedindo o fluxo de água e nutrientes para a ponta da folha, que entrou em processo de morte..... 99
- Figura 7 - Ponteira apresentando superbrotção e folhas retorcidas, decorrente do ataque do psilidio de concha. Na foto também se vê as conchas produzidas com excrementos açucarados pelo inseto sobre as folhas ..... 99
- Figura 8 – a) Folhas apresentando pústulas evidenciando abundante produção de esporos de *Austropuccinia psidii*; b) e c) danos permanentes à folha acometida pela ferrugem Partes terminais de crescimento mortas em decorrência da incidência da ferrugem do eucalipto ... 100
- Figura 9 - Partes terminais de crescimento mortas em decorrência da incidência da ferrugem do eucalipto..... 101

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Clones selecionados para os cruzamentos controlados e as espécies que compõe cada um deles.....	40
Tabela 2 - Matriz de cruzamentos em semi-dialeto, representando todos os cruzamentos entre clones e entre clones e espécies .....	42
Tabela 3 - Matrizes alocadas no pomar de cruzamento da UFV, Assis Indoor .....	44
Tabela 4 - Progênies obtidas dos cruzamentos controlados .....	45
Tabela 5 - Lista dos cruzamentos híbridos avaliados e as espécies que compõem a família ...	48
Tabela 6 - Adubação de crescimento utilizada – mistura de 200L.....	57
Tabela 7 - Adubação de rustificação utilizada – mistura de 200 L .....	58
Tabela 8 - Informações dos sites de plantio dos experimentos .....	61
Tabela 9 - Estimativas de parâmetros genéticos (reml individual), para os caracteres diâmetro à altura do peito (dap), ima1 (m <sup>3</sup> /ha.ano), e sobrevivência. ....	64
Tabela 10 - Seleção de famílias para o caráter ima1 por site e em análise conjunta, e ganho em relação a melhor testemunha .....	68
Tabela 11 - Desempenho das testemunhas nos experimentos, por site .....	69
Tabela 12 - Seleção de potenciais genitores por site e em análise conjunta, e ganho em relação à média do teste para o caráter IMA1 .....	71
Tabela 13 - Seleção de potenciais clones por site e em análise conjunta, e ganho em relação à média dos testes.....	73
Tabela 14 - Presença das espécies nas combinações de melhor desempenho descritas na Tabela 15 .....	75
Tabela 15 - Participação das combinações de espécies entre as 30 primeiras famílias selecionadas em cada site para IMA1.....	76
Tabela 16 - Presença de espécies nas combinações de potenciais genitores.....	78
Tabela 17 - Participação das combinações de espécies entre os 30 primeiras potenciais genitores em cada site para IMA1 .....	79
Tabela 18 - Presença de espécies nas combinações de potenciais clones .....	80
Tabela 19 - Participação das combinações de espécies entre os 30 primeiras potenciais clones em cada site para IMA1 .....	81

Tabela 20 - Parâmetros genéticos para incidência de insetos e pragas em híbridos de eucalipto .....	97
Tabela 21 - Classificação dos materiais híbridos para produtividade e suscetibilidade a pragas e doenças e ganho em relação.....	103
Tabela 22 - Classificação das testemunhas segundo índice multiplicativo, para cada site ....	104
Tabela 23 -Cruzamentos classificados entre os 20 primeiros em mais de 1 site.....	107
Tabela 24 - Classificação do índice Mulamba-rank de materiais híbridos de eucalipto para produtividade e suscetibilidade a pragas e doenças.....	108
Tabela 25 - Combinação de espécies encontradas entre os genótipos avaliados .....	116

## **PREÂMBULO**

O presente trabalho de mestrado está organizado em 04 diferentes seções, com os seguintes tópicos:

1) Considerações Iniciais: contextualização da importância do trabalho seleção de materiais genéticos para déficit hídrico e tolerância a pragas e doenças;

2) Revisão Bibliográfica: revisão do estado da arte da tolerância ao déficit hídrico em *Eucalyptus* e melhoramento para tolerância a pragas e doenças;

3) Capítulos:

a) Capítulo 1 - SELEÇÃO PRECOCE DE MATERIAIS GENÉTICOS DE EUCALIPTO TOLERANTES AO DÉFICIT HÍDRICO PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO

b) Capítulo 2 - ÍNDICE DE SELEÇÃO PRECOCE DE MATERIAIS GENÉTICOS DE EUCALIPTO TOLERANTES AO DÉFICIT HÍDRICO PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO E TOLERÂNCIA A PRAGAS

4) Considerações Finais: análise final das diferentes seções, ressaltando os principais pontos relevantes do trabalho, de acordo com os objetivos propostos.

## SUMÁRIO

<b>1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
2.1 Estresses abióticos recorrentes.....	14
2.2 Estresses Bióticos .....	15
2.3 Eucalipto e Déficit Hídrico .....	17
2.4 Melhoramento de eucalipto no Brasil para tolerância a seca.....	18
2.5 Espécies de eucalipto com potencial produtivo em áreas de déficit hídrico .....	19
2.6 Hibridação em eucalipto .....	21
2.7 Polinização controlada em eucalipto, em pomar <i>indoor</i> .....	22
2.8 Híbridos de eucalipto para déficit hídrico.....	23
2.9 Principais pragas e doenças em <i>Eucalyptus</i> .....	24
2.9.1 <i>Percevejo Bronzeado (Thaumastocoris peregrinus)</i> .....	24
2.9.2 <i>Ferrugem (Austropuccinia psidii)</i> .....	25
2.9.3 <i>Psilídeo-de-concha (Glycaspis brimblecombei)</i> .....	26
2.10 Índices de Seleção.....	26
<b>CAPÍTULO 1: SELEÇÃO PRECOCE DE MATERIAIS GENÉTICOS DE EUCALIPTO TOLERANTES AO DÉFICIT HÍDRICO PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO .....</b>	<b>36</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>39</b>
2.1 Objetivo geral .....	39
2.2 Objetivos específicos .....	39
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>39</b>
3.1 Seleção dos materiais genéticos.....	39
3.2 Polinizações controladas .....	40
3.3 Produção das mudas híbridas.....	53
3.3.1 <i>Adubação de Crescimento</i> .....	56
3.3.2 <i>Adubação de Rustificação</i> .....	57
3.4 Delineamento experimental e plantio dos testes .....	58
3.5 Coleta de dados .....	61
3.6 Análises genéticas.....	62
3.6.1 <i>Análise em cada site</i> .....	62
3.6.2 <i>Análise conjunta</i> .....	62
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>63</b>
4.1 Estimativa de parâmetros genéticos por site e em análise conjunta .....	63
4.2 Seleção de famílias para o parâmetro IMA1 .....	66
4.3 Seleção de potenciais genitores para o caráter IMA1 .....	69
4.4 Seleção de potenciais clones para o caráter IMA1 .....	72
4.5 Desempenho das espécies e híbridos nos diferentes sites, em seleção de progênies para o caráter IMA1.....	74
4.6 Desempenho das espécies e híbridos nos diferentes sites, em seleção de potenciais genitores para o caráter IMA1 .....	77
4.7 Desempenho das espécies e híbridos nos diferentes sites, em seleção de potenciais clones para o caráter IMA1 .....	80
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>86</b>

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>83</b>
<b>CAPÍTULO 2: ÍNDICE DE SELEÇÃO PRECOCE DE MATERIAIS GENÉTICOS DE EUCALIPTO TOLERANTES AO DÉFICIT HÍDRICO PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO E TOLERÂNCIA A PRAGAS.....</b>	<b>87</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>89</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>91</b>
2.1 Objetivo geral .....	91
2.2 Objetivos específicos.....	91
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>91</b>
3.1 Metodologia de avaliação.....	91
3.2 Delineamento experimental.....	92
3.3.Avaliações nos sites Buritizeiro/MG e Bocaiúva/MG .....	96
3.4.Avaliações no site Inhambupe/BA .....	93
3.5.Análises genéticas .....	93
3.5.1 <i>Análise em cada site</i> .....	93
3.5.2 <i>Índices de seleção</i> .....	93
3.5.2.1. <i>Índice Multiplicativo (IM)</i> .....	95
3.5.2.2. <i>Índice Mulamba-rank (IMR)</i> .....	95
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>97</b>
4.1 Parâmetros genéticos de tolerância a insetos e doenças .....	97
4.2 Avaliações em campo.....	98
4.3 Índices de seleção para produtividade e tolerância a insetos e doenças .....	102
4.3.1 <i>Índice multiplicativo</i> .....	102
4.3.2 <i>Índice Mulamba-rank</i> .....	105
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>109</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>110</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>116</b>

## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Desde o início dos programas de melhoramento genético de eucalipto no Brasil na década de 1960, a busca por maior produtividade tem sido um constante objetivo almejado por melhoristas, geneticistas e pesquisadores. Inicialmente voltados a superar a heterogeneidade dos plantios e os prejuízos causados pelo cancro do eucalipto (CARVALHO, 2000), os programas de melhoramento atuais buscam associar maior crescimento a outros fatores como características tecnológicas da madeira, tolerância a estresses bióticos e abióticos e adaptabilidade a diferentes ambientes (ASSIS, 2014).

Dentre os diversos desafios da eucaliptocultura possíveis de serem superados através do melhoramento genético, o desenvolvimento de novos materiais genéticos tolerantes a situações de restrição hídrica severa tem figurado como uma das mais importantes e desafiadoras características a serem trabalhadas pelos pesquisadores.

A seca é o estresse abiótico mais importante na agricultura, devido ao potencial de ocasionar perdas significativas na produtividade das culturas (FRACASSO *et al.*, 2016). A escassez de água ocasiona estresse hídrico quando a baixa disponibilidade de água passa a afetar os processos fisiológicos, como transpiração, fotossíntese (VELLINI, 2008), abertura estomática (FLEXAS *et al.*, 2002; CHAVES *et al.*, 2003; WRIGHT *et al.*, 2004), produção de ácido abscísico (TAYLOR *et al.*, 2000; SEKI *et al.*, 2007) e ajuste osmótico (BRAY, 1997; CALLISTER *et al.*, 2006).

Entre 2013 e 2015, especificamente na região Sudeste do Brasil, foram registrados eventos atípicos de escassez de chuvas. Os baixos índices pluviométricos observados em 2013 e intensificados durante o verão de 2014 e de 2015 (MARENGO; ALVES, 2015). Este evento causou uma estiagem prolongada em vários locais do país, afetando desde o abastecimento urbano até a produção agrícola e florestal do Brasil. Com a escassez hídrica, foram registradas mortes de extensas áreas de plantios em estados como Minas Gerais, São Paulo e Bahia.

Os efeitos do déficit hídrico sobre as plantas são complexos. É difícil identificar um mecanismo universal de resistência à seca. Uma vez que, as plantas respondem a esse stress através de vários processos adaptativos (NOGUEIRA *et al.*, 2005). Utilizando mais de um mecanismo associados para a sua sobrevivência em condições desfavoráveis de disponibilidade de água (VELLINI, 2008).

O melhoramento genético visando tolerância à seca é um desafio, pois se trata de respostas de caráter poligênico (SHINOZAKI; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, 2007). A alta mortalidade registrada entre 2013 e 2015 em plantios florestais, evidencia a escassez de materiais adaptados ou minimamente tolerantes a tais condições. Principalmente devido ao volume de híbridos interespecíficos entre *E. grandis* x *E. urophylla* nas décadas de 1980 e 1990 (CARVALHO, 2000).

Algumas regiões de cultivo no Brasil apresentam ou podem vir a apresentar limitações à sobrevivência e desenvolvimento das plantas em decorrência de novos eventos de déficit hídrico. Decorrente da extensão da cultura do *Eucalyptus* no Brasil, encontra-se espalhada por quase todo o território nacional (VELLINI, 2008). Nesse cenário, a escolha correta do material genético para áreas de risco de restrição hídrica pode significar a sobrevivência ou mortalidade de uma floresta. Em última análise se traduz em rentabilidade ou prejuízo para os proprietários dos ativos florestais em questão.

Diante deste cenário, um grupo de 15 empresas florestais Aperam, ArcelorMittal, Bracell, Cenibra, CMPC Celulose Riograndense, Duratex, Eldorado Papel e Celulose, Frondosa Participações, Gerdau, International Paper, Klabin, Minasligas, Suzano, Vallourec e Veracel, junto à Sociedade de Investigações Florestais (SIF) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) buscam o desenvolvimento de novos materiais genéticos com potencial de tolerância à condições de déficit hídrico. Sem que isso afete a produtividade dos plantios de eucalipto.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho de diferentes genótipos híbridos de *Eucalyptus* spp., desenvolvidos via ferramentas de melhoramento genético clássico e plantados em regiões com histórico de severa restrição hídrica devido à baixa pluviosidade.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Estresses abióticos recorrentes

Em relação às influências abióticas, o estresse é estabelecido como um fator ambiental que pode progredir em um desfavorecimento dentro de uma área para os indivíduos onde lá se encontram, assim, podendo desencadear mudanças moleculares, bioquímicas, morfológicas e fisiológicas. Em geral, os eventos que provocam esses estresses surgem de forma brusca ou se intensificam com o passar do tempo, de maneira que influenciam negativamente o desenvolvimento e a produtividade das plantas, estando diretamente relacionado com o acúmulo e/ou perda de fitoquímicos, reduzindo as principais atividades enzimáticas das vias metabólicas (Madani et al., 2019).

A princípio, é importante destacar que um dos fatores crescentes para o aumento dos estresses ambientais é a limitação hídrica (Dugas et al., 2011). Entretanto, o estresse hídrico pode ocorrer tanto pelo excesso quanto pela escassez de água, sendo que excesso aumenta a produção de agentes antioxidantes podendo ocorrer de forma temporária ou contínua, já em relação a insuficiência hídrica desencadear uma desidratação celular e conseqüentemente, um desequilíbrio osmótico. Assim, como reação a essa adversidade, as plantas produzem uma resposta envolvendo seus genes nos processos moleculares, bioquímicos e fisiológicos. Desse modo, os genes são definidos em classes, sendo elas as principais responsáveis pela sinalização e controle da transcrição, proteção das membranas e proteínas, além das funções de absorção e transporte de íons. (Begcy et al., 2012).

A respeito do estresse salino, o qual se caracteriza como uma alta concentração de sais solúveis e/ou sódio trocável na superfície do solo (Ribeiro et al., 2009). Ocasionalmente em grande parte pelo uso inadequado da irrigação ou dos fertilizantes (Epstein e Bloom, 2006), assim, resultando em desequilíbrio no solo que refletem no desenvolvimento vegetativo do cultivo desde a germinação, provocando redução na produtividade e, em casos mais severos, podendo levar a morte (Farias, 2008), devido ao adensamento das argilas no solo, que contribui para uma resistência mecânica no desenvolvimento radicular, dificultando as trocas gasosas e limitação na fixação de dióxido de carbono na planta (Távora et al., 2001). Ocasionalmente uma redução do potencial osmótico, além de dificultar o fluxo em massa íon-raiz, assim reduzindo absorção de nitrogênio (N), enxofre (S), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) (Silva et al., 2000). Porém, os impactos causados no cultivo podem variar de acordo com a resistência de cada espécie adotada e a concentração salina (Ferreira et al., 2001).

Em relação à irradiação, as plantas são condicionadas a variações de níveis de incidência luminosa, podendo ser submetidas a oscilações de forma periódica, no caso de cobertura por

nuvens, ou consecutiva, que pode estar relacionada a um sombreamento em decorrência do desenvolvimento de outras vegetações. Essas alterações luminosas mesmo que sejam breves podem influenciar os níveis fotossintéticos, acarretando em diferenças dos níveis energéticos e em processos enzimáticos, podendo provocar um estresse oxidativo. Dessa forma, as atividades metabólicas resultantes de atividades fotossintéticas são extremamente sensíveis a mudanças de incidência luminosas (Palacios et al., 2013a).

No que diz sobre o estresse gerado pela temperatura, este fator tem sua relevância devido a sua contribuição com o desenvolvimento vegetativo, além do disso, as atividades metabólicas são influenciadas diretamente pelas condições climáticas, podendo impactar de formas diferentes dependendo das características genótípicas de cada espécie. No entanto, como mecanismo de defesa, as plantas manifestam estratégias para atenuar esses impactos, diante a baixas temperaturas, ocorre uma modificação na estrutura da membrana plasmática, agindo como barreira de permeabilidade, assim, reduzindo o dano por desidratação (Palacios et al., 2013b). Assim também há uma modificação adaptativa a partir de sinalizações de proteínas HSP (Heat shock protein) para mitigar efeitos de temperatura elevada (Haworth et al., 2018), no intuito de realizar um controle estomático para uma eficiência do uso água, e também como um ajuste osmótico para a manutenção do turgor celular (Blum, 2016).

## **2.2 Estresses Bióticos**

É indiscutível que, as plantas lidam com uma variedade de irritações ao longo de sua vida, estando expostas a condições de mudanças de temperatura, insolação, escassez de nutrientes, variações nas condições climáticas, competição natural, ataques herbívoros ou de patógenos (Stam et al., 2014). Dessa forma, os estresses bióticos são causados por organismos vivos que podem vir através de microrganismos oriundos de ataques fúngicos, bactérias, vírus, nematóides (Suzuki et al., 2014). Pela competição natural entre indivíduos em busca de recursos nutricionais, onde pode ocasionar alelopatia ou parasitismo (Schuman e Baldwin, 2016). Além disso, a sintomatologia nem sempre se apresenta de forma visível de imediato (Larcher, 2006 a).

Assim, no caso dos indivíduos sésseis que são impossibilitados de locomover se de ambientes adversos, eles são condicionados a uma reação diante as irritações bióticas, conseqüentemente, essas investidas bióticas podem ocorrer de forma isolada ou concomitantemente com o enfraquecimento do indivíduo através de uma condição abiótica. (Atkinson e Urwin, 2012)

Nesse contexto, é perceptível as perturbações causadas por condições bióticas

desfavoráveis. Logo, os patógenos das plantas desencadeiam perdas econômicas no resultado final do cultivo. Por exemplo, no caso das doenças bacterianas, afetam o desenvolvimento das raízes e ramos, tornando-os irregulares, além do surgimento de manchas ou apodrecimento do caule, frutos e folhas. (Vidaver e Lambrecht, 2004). Já os efeitos fúngicos podem afetar uma gama de espécies florestais, como é o caso de algumas espécies de eucalipto que são propensas a ataques da família Botryosphaeriaceae que causam cancro no caule e queimaduras nos ramos (Carnegie, 2007).

Em resposta aos danos causados por esses agentes, ocorre a ativação dos mecanismos de defesa das plantas, que se inicia pelo reconhecimento dos fitopatógenos e vão até a ativação das barreiras físicas e químicas envolvidas no processo de reação. As defesas empregadas no processo defensivo são, resistência sistêmica (SAR), resposta hipersensitiva (HR), indução de proteínas e compostos sinalizadores.

Essa reação é considerada uma das principais respostas de defesa das plantas ao ataque dos fitopatógenos, caracterizando-se por uma resposta imediata e localizada, que acontece no local de infecção dos patógenos. Dessa forma, essa ação direta degrada o tecido vegetal em torno do local de contágio é uma das características desta resposta, posteriormente liberando componentes tóxicos, que podem agir, em determinados casos, de modo direto ao patógeno, acarretando sua morte. (Agrios, 2004).

A Resposta hipersensitiva está relacionada às circunstâncias desde o reconhecimento da agressão do fitopatógeno ao hospedeiro até o declínio celular. Assim, ela representa a primeira etapa do mecanismo de defesa, podendo atuar de forma localizada, apenas no local afetado, ou no indivíduo como todo. A produção de uma elevada quantidade de proteínas solúveis constitui-se como umas das principais alterações da HR, destacando-se as proteínas peroxidases, quitinases e  $\beta$ -1,3-glucanases que estão relacionadas à reação da patogênese. Em seguida, concomitantemente pode acontecer o aumento da fenilalanina amônia liase, reforço de lignina e elevação dos ácidos salicílico (Verbene et al., 2000). Dessa forma, o processo defensivo da HR está diretamente relacionado ao impedimento do patógeno ao acesso de nutrientes limitando a infecção (Fernandes, 2004).

Uma grande parte das reações bioquímicas de defesa ficam inativas até que tenham um estímulo ocasionado por uma irritabilidade de um ataque patogênico que possa culminar em uma infecção. A investida dos fitopatógenos à penetração do sistema vegetal estimula uma resistência conhecida por sistêmica adquirida (SAR), esta resistência, para que seja executada a SAR, o processo infeccioso precisará se desenvolver ao ponto de resultar em lesões necróticas oriundos do acúmulo de peróxido de hidrogênio como sintomatologia da patologia (Hammond

e Jones, 2000).

Após a SAR atuar no local específico da infecção, em seguida, esse mecanismo de defesa amplia sua cobertura para que tenha uma proteção total do indivíduo. A resistência sistêmica adquirida promove uma sequência de processos e sinalizações que ocorrem desde o contato inicial do tecido vegetal com o patógeno, transmitindo as informações das alterações metabólicas, gerando sinais moleculares que serão propagados ao restante da planta. Após a captação desses sinais, a planta inicia o processo de sintetização dos agentes de defesa, que vão desde o aumento da produção de lignina para a formação de barreiras estruturais e também a produção de PR-Proteínas. (Dorey et al., 1997)

Assim, após o processo de atuação da resistência sistêmica adquirida, é perceptível uma diminuição dos sintomas das infecções, dessa forma, tornando-se uma ferramenta fundamental no controle de doenças (Martinez et al., 2000).

### **2.3 Eucalipto e Déficit Hídrico**

O gênero *Eucalyptus* possui mais de 700 espécies (BELL; WILLIAMS, 1997), ocorre de forma natural na Austrália, Timor e em ilhas adjacentes como Flores, Alor, Solor e Wetar (PIGATO; LOPES, 2001; NIETO; RODRIGUEZ, 2003), foi introduzido no Brasil no século XX (ABRAF, 2010 apud MENDES, 2011).

Segundo o Relatório Anual de 2020 do Instituto Brasileiro de Árvores (2020, p.34), o plantio de eucalipto no Brasil corresponde a quase 80% da área de florestas plantadas. Presente principalmente nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, São Paulo e Bahia. As florestas de *Eucalyptus* no Brasil estão entre as mais produtivas no mundo. Essa expansão e elevada produtividade são resultados do esforço de pesquisas e operações em empresas, universidades e institutos de pesquisa ao longo dos últimos 50 anos (IPEF, 2011).

Devido a seu rápido crescimento, alta produtividade, diversidade de espécies, plasticidade e por ter diferentes aplicabilidades, o eucalipto é cultivado em praticamente todo o país (MORA; GARCIA, 2000), apresentando alta variação morfológica e diferentes respostas ecofisiológicas (BELL; WILLIAMS, 1997).

As plantas dependem das condições que lhe são impostas, o que determinam diretamente seu índice de sobrevivência (OLIVEIRA *et al.*, 2006). Quando a transpiração foliar é maior que a absorção de água, ou seja, perde-se maior quantidade de água do que é ofertado, pode-se dizer que o solo se apresenta em situação de déficit hídrico (COSTELLO *et al.*, 2003). Todavia, as plantas conseguem desenvolver mecanismos de adaptação (HIRT, 2003). Esses

mecanismos permitem que a planta se adapte através de modificações, morfológicas e/ou genética, garantindo a sua adaptação (SANTOS *et al.*, 2006).

A disponibilidade de água interfere no crescimento das árvores mais do que qualquer outro fator ambiental (SUTCLIFFE, 1980). Caracterizando-se como o principal fator limitante ao desenvolvimento das plantas, afetando o seu metabolismo (SCHWIDER *et al.*, 2013). A primeira resposta à deficiência hídrica é a perda da turgescência, levando ao fechamento dos estômatos, redução na fotossíntese e diminuição do alongamento celular (LARCHER, 2006 b). Dessa forma, afetando quase todos os processos fisiológicos da planta (CARLESSO; SANTOS, 1999), o que causa perdas de produtividade.

Com relação às alterações morfológicas observa-se redução da área foliar (SANTOS; CARLESSO, 1998). Além de danos foliares em “V” invertido nas extremidades após a murcha temporária consequência da perda de água pela transpiração sem a sua rápida reposição. Caso a água não seja repostada, ocorre a murcha permanente, perdendo a rigidez, adquirindo coloração palha e permanecendo seca (ALFENAS *et al.*, 2004).

A resposta ao déficit hídrico gerado nas plantas reduz de forma diretamente proporcional a sua vitalidade, proporcional ao período de estresse (LARCHER, 2006 c). Podendo, ou não, surgir injúrias irreversíveis, dependendo do genótipo, severidade e em qual estágio de desenvolvimento a mesma se encontra (SANTOS; CARLESSO, 1998).

#### **2.4 Melhoramento de eucalipto no Brasil para tolerância a seca**

O melhoramento do eucalipto no Brasil iniciou-se em 1904, quando Navarro de Andrade introduziu diversas espécies e procedências, visando identificar quais se adaptam melhor às condições climáticas, com o objetivo de fornecer combustível vegetal e madeira (SILVA; BARRICHELLO, 2006). Cerca de 40 anos depois, com apoio do Instituto Agrônomo de Campinas, foi elaborado o programa de melhoramento voltado para o *Eucalyptus*. A uniformidade do plantio; maior retidão do fuste, diâmetro e altura; melhoria da capacidade de brotação; aumento da produtividade eram os objetivos principais (FERREIRA; SANTOS, 1997).

Em 1960, com os incentivos fiscais, houve grande aumento nos plantios de eucalipto, promovendo mais estudos e estímulo à adoção de práticas silviculturais mais modernas, englobando o melhoramento genético (SILVA; BARRICHELLO, 2006). Os programas de melhoramento genético eram baseados na avaliação de espécies para a formação de pomares de sementes (REZENDE, 2001). A partir da década de 80, a clonagem de eucalipto já era uma técnica bem conhecida, o que permitiu a multiplicação das espécies e as combinações genéticas

(CAMPINHOS; IKEMORI, 1983), com ganhos superiores a 2,5% ao ano (GONÇALVEZ *et al.*, 2001).

O melhoramento genético se baseia em ciclos de seleção e recombinação. A estratégia é recombinar os materiais genéticos dos genitores, seguidos da seleção clonal objetivando o maior ganho genético (BISOGNIN; LENCINA, 2017). O melhoramento se mostra indispensável para adaptação de novos materiais a regiões de déficit hídrico - tanto por meio de técnicas clássicas quanto por inovações. Sendo assim, a biotecnologia tem sido uma ferramenta muito importante no incremento necessário de produtividade no país (GOLLE *et al.*, 2009).

Em seu formato clássico, o melhoramento segue determinada ordem de ações, que envolvem a seleção de indivíduos superiores (escolhidos em plantações comerciais ou testes de progênie), de acordo com as características de interesse avaliadas pelo fenótipo. A partir daí esse indivíduo pode ser propagado (clonado) e levado a campo, em um delineamento experimental adequado que comprove sua adequação ou superioridade.

Os desafios do melhoramento atualmente compreendem aumentar a produtividade e adaptabilidade das espécies de interesse em ambientes que apresentam estresses bióticos e abióticos (ASSIS; ABAD; AGUIAR, 2015).

A seleção de materiais genéticos de eucalipto adaptados à locais, onde a disponibilidade de água no solo é altamente variável, é essencial para o sucesso do povoamento florestal (TATAGIBA; PEZZOPANE; REIS, 2008), sendo necessário indicar quais são os clones mais adequados para regiões onde há restrição hídrica (KLIPPEL *et al.*, 2009).

## **2.5 Espécies de eucalipto com potencial produtivo em áreas de déficit hídrico**

*Eucalyptus brassiana* (S. T. Blake, 1977) – ocorre naturalmente na Austrália e em Papua-Nova Guiné. O clima do habitat dessa espécie é quente e úmido ao norte e quente sub úmido ao sul. A precipitação média anual varia de 1.000-2.000 mm anuais, com estações secas e úmidas bem distintas (PRYOR; JOHNSON, 1971).

A descrição da espécie em relação às outras, é recente, e por isso é pouco citado na literatura, tanto no que se refere ao seu comportamento dentro e fora de seu habitat natural. No Níger (África), *E. brassiana* entre trinta e cinco espécies de *Eucalyptus* testadas destacou-se como uma das mais promissoras, para condições do semi-árido sudano-saheliana (BARBIER, 1971; SILVA *et al.*, 1980). Em Moçambique é considerada como uma das espécies de maior potencialidade para reflorestamento em regiões de clima subtropical seco e sub úmido a semi-árido (BILA; ISSUFO, 1993).

*Eucalyptus camaldulensis* (Dehn, 1932) - é encontrado em quase toda a Austrália, com exceção da parte sul de Western Austrália, da Tasmânia, da planície de Nullabor, da faixa litorânea de Victória, Nova Gales do Sul e leste de Queensland, entre 12°30'S a 38°S, 114°E e 152°E, com altitudes entre 20 m a 700 m. A precipitação média anual é de 250 a 600 mm, com períodos secos de 4 a 8 meses. (CARPANEZZI, 1986).

*Eucalyptus grandis* (Hill ex-Maiden, 1919) – ocorre no Norte de Nova Gales do Sul e ao sul de Queensland, entre as latitudes 25°S e 33°S, ocorrendo, ainda, no centro (latitude 21°S) e no norte (16°S a 19°S) de Queensland, e altitudes de 500 a 1.000 m. A precipitação média anual é de 1.000 a 3.000 mm, com estação seca não ultrapassando 3 meses. (BOLAND, 1984).

*Eucalyptus longirostrata* (L.A.S. Johnson & K.D. Hill, 1988) – também de origem Australiana, com distribuição natural no sudeste de Queensland, do norte de Toowoomba até Maryborough, estendendo-se ao noroeste para Monto, Expedition Range e Blackdown Tableland (BROOKER; KLEINIG, 2004). A espécie é normalmente encontrada em colinas baixas e cumes de águas rasas, com solos predominantemente derivados de arenito (BOLAND, 2006) mostrando-se tolerante a solos rasos e pobres (LEE, 2003). A precipitação média anual desses locais, varia de 700-1200 mm, com uma precipitação máxima no verão.

*Eucalyptus pellita* (F. Muel, 1864) - ocorre em duas áreas distintas na Austrália. A primeira situa-se na costa norte de Queensland, entre as latitudes 12°45'S e 19°S e a outra, entre 24°S e 36°45'S; estende-se desde o sul de Queensland até Nova Gales do Sul. A altitude varia desde o nível do mar até 600 m. A precipitação média anual é de 900 a 2.200 mm, com períodos secos variando de 5 a 7 meses. (FERREIRA, 1979).

*Eucalyptus resinífera* (Smith, 1790) - as árvores da espécie são originárias do litoral e das cadeias montanhosas litorâneas do norte de New South Wales e ao sul de Queensland, Austrália. Ocorre a latitude de 17-34°S, altitude de 0-600 m, precipitação de 1350-1500mm/ano e chuva predominantemente no verão, com estação seca não ultrapassando 4 meses. (HALL; JOHNSTON; CHIPPENDALE, 1975)

*Eucalyptus tereticornis* (Smith, 1795) - encontrado em grande parte do Leste da Austrália, desde a costa Sul, parte de Nova Gales do Sul até o Norte de Queensland. As temperaturas variam entre 23 a 35 °C até mais frias de 1 a 17 °C, com áreas livres de geada até regiões com mais de 20 geadas por ano. A precipitação média anual é de 500 a 1.500 mm, com chuvas no verão ou no inverno, e períodos secos de até sete meses. (HARRAND; MARCÓ, 2012).

*Eucalyptus urophylla* (S. T. Blake, 1977) - é uma espécie da Indonésia e de Timor que ocorre naturalmente na costa de Timor a partir de 500 m de altitude até cerca de 3.000 m. Esta

espécie também é encontrada em outras ilhas da Indonésia ao leste da Linha de Wallace, a qual passa entre Bali e Lombok, cobrindo uma faixa latitudinal entre seis e dez graus de latitude sul. A espécie ocorre em floresta tropical pluvial nas altitudes inferiores e em floresta temperada montana nas altitudes superiores (MARTIN; COSSALTER, 1975).

## 2.6 Hibridação em eucalipto

Atualmente, o gênero *Eucalyptus* detém o maior número de espécies plantadas no mundo e no Brasil, ocupa aproximadamente 9 milhões de hectares (IBA, 2020). Um grande número de espécies de eucalipto é compatível quando se trata do cruzamento entre elas, gerando descendência fértil. A hibridação tem se mostrado o método mais eficiente e rápido para se obter avanços no setor de melhoramento genético dessas espécies (ASSIS, 2005). A utilização dessa técnica, favorece a produção de indivíduos com carga genética que levam a características desejáveis (ROSADO, 2008).

O método de hibridização promove alto progresso genético uma vez que há grande variabilidade genética e alta pressão de seleção (RESENDE, 1990), pois permite a escolha dos progenitores de acordo com a característica de interesse e a realização de cruzamentos controlados. Dessa forma, os ganhos são maximizados e genótipos superiores são disponibilizados num curto espaço de tempo. Entre as etapas mais importante de implantação e condução de pomares de cruzamento controlados pode-se citar: a escolha dos progenitores que tenham as características a serem propagadas; a propagação vegetativa das matrizes; o manejo dos materiais com foco na indução floral; a coleta, beneficiamento e armazenamento de pólen, analisando sua viabilidade e a polinização dos materiais (SILVA, 2017).

Dentre os tipos de hibridação podemos citar as interespecíficas e intraespecíficas. Hibridação interespecífica é o cruzamento entre duas espécies diferentes. Tem como objetivo introduzir genes de interesse aos indivíduos resultantes desse cruzamento, agrupando genótipos de diferentes espécies visando a criação de híbridos com as características de interesse de cada uma das espécies envolvidas no processo (PAULA *et al.*, 2015). Já a hibridação intraespecífica é feita de forma controlada com indivíduos da mesma espécie, visando atribuir a esses híbridos o reforço de características de interesse (FILHO; SANTOS, 2011).

Entre as vantagens da hibridação intraespecífica e interespecífica do eucalipto está a exploração da heterose. Baseada na superioridade genética média dos filhos em relação à média dos pais, dos materiais ou vigor de híbrido visando caracteres de relevante importância adaptativa, à locais de condições específicas ou difíceis, e econômica (FILHO, 2011).

Com esse intuito, as características desejáveis das espécies de interesse podem ser combinadas para a produção de clones produtivos. Um dos clones mais plantados no Brasil é o urograndis (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*), o que permite combinar a alta produtividade do *E. grandis* e a resistência à seca e ao cancro inerente ao *E. urophylla*. Outro híbrido que resultou em clones produtivos no país é o *E. camaldulensis* x *E. grandis* (VALERI, 2016).

Há de se ater ao fato de que também é possível realizar mais de uma hibridação garantindo ao clone final caracteres interessantes de mais de uma espécie, ou mesmo mais de um híbrido. O uso de um número maior de espécies ou híbridos envolvidos nos cruzamentos permite desenvolver clones com grande capacidade adaptativa e estabilidade a diferentes condições edafoclimáticas (SANTOS *et al.*, 2013). A vantagem dos híbridos de *Eucalyptus* serem férteis é justamente o cruzamento de híbridos F1 somando a esses a carga genética de outras espécies ou híbridos de interesse (*three-way* ou *four-way crosses*) (NIKLES, 1992 apud SANTOS *et al.*, 2013).

## **2.7 Polinização controlada em eucalipto, em pomar *indoor***

O melhoramento florestal tem como base principal os conceitos de genética e estatística. Sua finalidade é aumentar a produtividade, proporcionar matéria prima de qualidade, possibilitar a seleção de indivíduos superiores resistentes a secas, geadas, pragas e doenças e, ainda, manter a variabilidade genética (MORI; MORAES, 2010; PIRES *et al.*, 2011).

Entre os métodos que compõem um programa de melhoramento florestal, destaca-se a polinização controlada. Essa técnica permite a escolha dos progenitores e a indução de cruzamentos específicos, tem-se como resultado a maximização dos ganhos genéticos e a criação de indivíduos geneticamente superiores em menor espaço de tempo (SILVA, 2012). A hibridação tem sido uma das principais técnicas utilizadas que contribuem para o avanço no desenvolvimento da clonagem dentro dos programas de melhoramento florestal, resultando em um avanço do crescente aumento de produtividade de madeira no país (ASSIS, 2014).

Ainda dentro desse processo, se destaca uma nova técnica denominada Protoginia Artificialmente Induzida (PAI). Essa técnica consiste em cortar o botão floral, com a flor ainda fechada, na região do topo do opérculo, cortando o terço superior do estilete. Após esse passo, a polinização é realizada imediatamente (MIRANDA *et al.*, 2012). A técnica PAI traz vantagens operacionais pois elimina a necessidade de emasculação, dispensa a proteção dos botões florais fecundados, diminui a quantidade de inspeções nas plantas e resulta na obtenção de maior quantidade de sementes (ROSADO, 2008).

A realização de cruzamentos em pomares de polinização controlada apresenta diversas vantagens. Dentre elas, podemos citar a menor necessidade de espaço físico, melhor supervisão das tarefas realizadas, melhor ergonomia e possibilidade de trabalho à altura do solo e menor deslocamento dos funcionários. Além disso, favorece a indução de florescimento precoce das matrizes através da utilização de reguladores vegetais, como o paclobutrazol. Apresenta também maior facilidade de manejo de irrigação e nutricional, e maior controle do risco de contaminação nas polinizações, entre outras (MORAES; MORI, 2011).

Outra técnica, além da PAI que vem contribuindo para evolução do setor é a propagação vegetativa pela enxertia em pomares de cruzamento em vaso (PCV) que auxilia na promoção de florescimento precoce, pois com as copas das matrizes com altura mais baixa facilitam o trabalho de coleta de pólen, polinização e colheita de sementes (ROCHA *et al.*, 2002). PAI, têm contribuído de forma substancial para a redução do tempo gasto nos programas de melhoramento genético do eucalipto e, conseqüentemente, para a maximização dos ganhos (ASSIS *et al.*, 2005; ASSIS; MAFIA, 2007).

Destaca-se também a evolução das técnicas de manejo alinhadas aos programas de melhoramento. Tudo isso vem trazendo bons resultados no sentido da produção de híbridos de maior produtividade, e melhor desempenho em relação à incidência de pragas e doenças. Essas técnicas também são utilizadas visando aumentar a tolerância ao déficit hídrico, e a manutenção da produtividade, reduzindo danos econômicos relacionados a esse fator (ASSIS, 2014).

## **2.8 Híbridos de eucalipto para déficit hídrico**

O déficit hídrico, presente em várias regiões no Brasil, gera impactos negativos no desenvolvimento e crescimento da planta, o melhoramento genético, pode ajudar a superar este problema (LOCOEUR; SINCLAR, 1996 apud MOMENTEL, 2016). Quando uma restrição hídrica externa afeta a planta de forma a gerar déficit hídrico interno, ocorre uma sequência de mudanças metabólicas e fisiológicas resultando imediatamente na redução do crescimento (MOMENTEL, 2016). Para se manterem vivas, em condições de seca do solo, as plantas consomem suas reservas para manter a taxa respiratória, principalmente a respiração de manutenção, paralisa-se assim o crescimento e a produção de matéria seca (XAVIER, 2010).

O melhoramento genético voltado ao setor florestal possibilitou a adaptação de espécies de eucalipto para diferentes fins de produção. Dentre as espécies mais utilizadas no Brasil no melhoramento em hibridação o *E. grandis* e o *E. urophylla* se destacam (FONTES, 2013). Como definição, a hibridação nada mais é do que a fusão de gametas geneticamente diferentes resultando em indivíduos híbridos heterozigóticos para um ou mais locos. Sendo o objetivo final, reunir alelos favoráveis presentes em dois ou mais genótipos (BUENO, 2016).

Em um estudo realizado com quatro híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e um híbrido de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp., foi observado, após 6 meses de idade do plantio, que o híbrido de *E. camaldulensis* apresentou sistema radicular bem desenvolvido quando comparado aos demais. Essa característica é de suma importância para a adaptabilidade de plantas à locais de déficit hídrico, mesmo em regiões que passam longos períodos de seca. Sendo assim, este clone apresenta grande capacidade de sobrevivência e retomada de crescimento nessas regiões. Os híbridos de *E. camaldulensis* também apresentam redução de área foliar; essa característica associada à alta área radicular (arquitetura e biomassa), possibilitam que clones desse híbrido sejam muito promissores em plantios que necessitam de materiais tolerantes à seca (REIS *et al.*, 2006).

Levando em consideração a condutância estomática, assimilação líquida de carbono e eficiência no uso da água, em estudo com clones dos híbridos *E. urophylla*, *E. urophylla* x *E. grandis*, *E. urophylla* x *E. camaldulensis* mantidos em regime de déficit hídrico, os clones dos híbridos de *E. urophylla* e *E. urophylla* x *E. grandis* apresentaram maior sensibilidade do que os demais. Nestas condições, o clone *E. urophylla* x *E. camaldulensis* mostrou ser o mais indicado para plantio em áreas com baixa disponibilidade hídrica (BANDEIRA, 2017).

## **2.9 Principais pragas e doenças em *Eucalyptus***

O eucalipto é atacado por diversos patógenos, desde a muda no viveiro, até os plantios de árvores adultas. Os problemas causados não se restringem a espécies ou locais, ocorrendo de norte a sul e em qualquer época do ano. Além do ataque por pragas nativas, a espécie tem sua produtividade comprometida ainda por pragas exóticas, cuja introdução no território brasileiro vem aumentando com o passar dos anos. Algumas pragas e doenças de relevância no setor florestal são: percevejos bronzeados (*Thaumastocoris peregrinus*, D. L. Carpintero e Dellapé 2006), psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*, Moore 1964) e ferrugem (*Austropuccinia psidii*, G. Winter 1884).

### **2.9.1 Percevejo Bronzeado (*Thaumastocoris peregrinus*)**

Segundo Wilcken *et al.* (2010), o percevejo bronzeado (*Thaumastocoris peregrinus*), da ordem Hemiptera e família *Thaumastocoridae* é uma praga originária na Austrália e possui ampla distribuição geográfica no Brasil. Observado pela primeira vez em 2008 em clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, se espalhou rapidamente e pode ser encontrado atualmente nos estados: RS, SC, PR, SP, MG, RJ, ES, MS, BA E DF. O inseto adulto tem aproximadamente 3,0 mm de comprimento, corpo achatado e cor marrom. A fêmea deposita cerca de 60 ovos que são encontrados agrupados nas folhas. Os machos possuem a genitália assimétrica com abertura para direita (JACOBS, 2005; CARPINTERO; DELLAPÉ, 2006).

Altas infestações de *T. peregrinus* podem causar morte das árvores, uma vez que há perda considerável da área fotossintética. Os sintomas ou injúrias associadas ao dano do inseto são inicialmente, o prateamento das folhas, que com o tempo passam para tons de marrom e vermelho, o que confere às árvores o aspecto bronzeado, característica que deu origem ao nome do inseto (JACOBS; NESER, 2005).

As alternativas de controle desta espécie ainda estão em fase de desenvolvimento. Há registro de que a utilização de inseticida sistêmico (imidacloprid), injetado no tronco das árvores é eficiente para o controle do percevejo bronzeado em áreas urbanas de Sydney, Austrália (NOACK *et al.*, 2009).

Outro controle pesquisado é o controle biológico utilizando a vespa (*Cleruchoidea noackae*, Lin e Huber, 2007), que parasita os ovos do percevejo (LIN *et al.*, 2007). Já foi introduzido na África do Sul, Brasil e Chile, mas apenas neste último se conseguiu fazer a multiplicação e liberação.

#### 2.9.2 Ferrugem (*Austropuccinia psidii*)

A ferrugem do eucalipto causada pelo fungo *Austropuccinia psidii* é nativa do Brasil, apresentando ampla distribuição geográfica no país (CASTRO *et al.*, 1983). Nos últimos anos tornou-se uma doença muito comum e severa em eucaliptais do Brasil com menos de dois anos de idade (FERREIRA, 1983).

O ataque às folhas jovens e brotações provoca deformações, prejudica a fotossíntese e reduz o crescimento das árvores, levando à queda da produtividade de plantios nos anos de maior severidade. Além disso, as perdas econômicas causadas pelo fungo nos plantios de eucalipto podem ser consideráveis, dependendo do local, manejo silvicultural e da espécie ou da procedência plantada (BORA *et al.*, 2016).

De um modo geral, as regiões em que se registrou índices severos de ocorrência de ferrugem em *Eucalyptus* spp. estão contidas em região bioclimática semelhantes, com temperatura média anual de 20 a 23 °C, a precipitação média anual de 1100 a 1400 mm, apresentando déficit hídrico de 30 a 90 mm (FUJIHARA *et al.*, 1994). Neste caso, condições como temperatura baixa e alta umidade são necessárias para infecções, o que ajuda a explicar a ocorrência de surtos esporádicos, de relativa curta duração e de rápida disseminação (FERREIRA, 1981). A incidência e severidade da doença variam em função da espécie e do genótipo do hospedeiro, região geográfica e época do ano, sendo particularmente exigente quanto às condições de microclima e existência de órgãos juvenis (ALFENAS *et al.*, 2000).

O controle pode ser feito através de pulverização semanal, a partir do início da detecção da ferrugem, com 50g de triadimeno/100L de água (FERREIRA, 2012).

### 2.9.3 Psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*)

O psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) é uma espécie pertencente à ordem Hemiptera, subordem Sternorrhyncha e família Psyllidae. Os psilídeos são insetos pequenos, semelhantes a pequenas cigarrinhas e de hábito sugador (GALLO *et al.*, 2002). Entre os psilídeos associados ao eucalipto, os gêneros mais importantes são *Cteranytaina*, *Blastopsylla*, *Creiis*, *Eucalyptolyma*, *Cardiaspina* e *Glycaspis* (ELLIOTT *et al.*, 1998).

Segundo Firmino-Winckler *et al.* (2009) as ninfas de *G. brimblecombei* são achatadas dorso ventralmente com coloração amarela nos três primeiros instares, e apresentando, nos dois últimos instares, a coloração variando de amarelo a verde, com o abdômen de coloração escura. Os adultos apresentam em geral coloração verde, sendo que as fêmeas podem variar do verde ao vermelho e as antenas são filiformes com 10 artículos. Em geral, as fêmeas apresentam o tamanho maior que os machos e a parte terminal do abdome arredondado sendo nos machos com projeções chamadas "fórceps".

O ataque de *G. brimblecombei* causa a descoloração das folhas, indução do aparecimento de fumagina, redução da área fotossintética, secamento dos ponteiros e atraso no crescimento das árvores (CARNE; TAYLOR, 1984 apud WILCKEN *et al.*, 2003).

O parasitóide (*Psyllaephagus bliteus* Riek, 1962) é indicado como principal agente no controle biológico desta praga (FERREIRA, 2008).

### 2.10 Índices de Seleção

Atualmente, o plano de melhoramento genético tem estabelecido a estratégia da aplicação dos índices de seleção entre famílias ou indivíduos, baseando-se no caráter de interesse, seja o crescimento da espécie ou alguma característica econômica. Desse modo, o índice de seleção está relacionado com o valor genético global específico de cada indivíduo (Hazel e Lush, 1942), de modo a servir como um instrumento adicional para os resultados de combinações características que se pretende obter respostas à seleção, contribuindo para um aprimoramento simultâneo de múltiplos caracteres independente da existência ou não de correlação entre eles (Santos *et al.*, 2007).

Dessa forma, o valor genético referente à seleção será o somatório das características de melhoramento, além de estar associado com os aspectos econômicos relativos de cada característica, no intuito aumentar a relação entre o valor genotípico dos indivíduos e índice de seleção (Smith, 1936). Entretanto, é difícil ter uma estimativa precisa do valor de melhoramento, portanto, a seleção será baseada no valor fenotípico do indivíduo (Hazel, 1943a). De forma mais pragmática, o índice de seleção corresponde a função linear de valores fenotípicos das características do indivíduo associado com o peso econômico dos caracteres de

interesse (Willians, 1962), assim, existem diversos métodos de elaboração do índice de seleção com um propósito de aperfeiçoamento genético, de modo que poderá ter uma flutuação das características escolhidas de acordo com a finalidade.

Em geral, os índices mais utilizados se diferenciam na relevância atribuída a cada caráter avaliado. Esta relevância é estipulada de acordo com o peso econômico e as covariâncias genéticas e fenotípicas (Hazel, 1943b), apesar de existir o índice multiplicativo, que estabelece o valor mínimo aceitável para cada caráter (Elston, 1963a). Também, há índices que se caracterizam com a formação de ranques genótipos conduzidos pelas características adotadas como relevantes e o somatório dos valores total dos caracteres (Mulamba; Mock, 1978). Como ainda, houve o surgimento de índices onde os elementos de maior importância são referentes a função da herdabilidade da característica selecionada (Smith et al., 1981). Ou podendo ser de combinação das características genéticas quantitativa e de regressão múltipla, desse modo a estimativa do valor aditivo do indivíduo poderá ser alcançada por meio da herdabilidade de características, levando em consideração o valor aditivo relacionado a regressão linear múltipla dos pesos fenotípicos (Falkenhager, 1986). Além disso, surgiu uma adaptação cujo fator de relevância empregado é a resposta desejada ou diferencial da seleção para mensurar os caracteres aplicados no índice (Dickerson et al., 1954).

Porém, é importante ressaltar que, apesar de uma resposta para determinada especificidade possa ser considerado superior em relação ao seu índice de seleção, isto acarreta em genótipos com melhores padrões agrônômicos, pois alcançam níveis apropriados para os caracteres em um menor espaço de tempo em relação aos genótipos adquiridos da seleção sequencial para cada caráter. Entretanto, existem também os índices de seleção não lineares, onde podem ser utilizados em seleção de cultivos ou seleção recorrente (Elston, 1963b), assim como o índice multiplicativo que proporciona uma seleção aproximada dos genótipos que seriam aplicados no índice linear, porém eliminando a necessidade de estimar parâmetros fenotípicos ou genético (Garcia, 1998).

Todavia, é fundamental uma utilização estratégica do parâmetro de relevância dos ganhos genéticos desejáveis como características particulares e assim, distanciar o uso dos pesos econômicos para calcular os índices de seleção (Pesek e Baker, 1969). Posteriormente, incrementou-se a possibilidade de estabelecer o parâmetro de valores ideais para cada variável, assim como o intervalo de valores favoráveis para o melhoramento. Desse modo, possibilitando calcular os valores de média, máximo e mínimo para cada variável (Cruz, 2006)

Contudo, apesar das adaptações desenvolvidas ao longo do tempo, a utilização dos índices de seleção ainda apresenta algumas limitações, no entanto conseguem proporcionar um

maior rendimento no objetivo aplicado de acordo com a distribuição e seleção dos caracteres para que cumpra sua finalidade de forma eficiente (Martins et al., 2003)

## REFERÊNCIAS

- ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (Brasília). **Anuário estatístico da ABRAF 2010 ano base 2009/ ABRAF**. 140p. Disponível em:  
[http://www.promudas.com.br/site/\\_adm/kcfinder/upload/files/ABRAF11-BR.pdf](http://www.promudas.com.br/site/_adm/kcfinder/upload/files/ABRAF11-BR.pdf). Acesso em: 10 out. 2020.
- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 5. Ed. San Diego, California: Elsevier Academic Press, 2004. 922p.
- ALFENAS, A. C.; DEMUNER, N. L.; BARBOSA, M. M. Eucalipto: a ferrugem e as opções de controle. **Correio Agrícola**, [s.l.], n.1, p.18-20, 1989.
- ALFENAS, A. C. *et al.* **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. Viçosa: UFV. 2004. p 244.
- ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem de *Eucalyptus*. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia Florestal**. Viçosa: Editora UFV, 2007, p. 93-121.
- ATKINSON, N.J. e URWIN, P.E. **The interaction of plant biotic and abiotic stresses: From genes to the field**. 63, 3523–3543p. 2012.
- BARBOSA, L. R. *et al.* **Percevejo bronzeado do eucalipto: reconhecimento, danos e direcionamentos para o controle**. Embrapa Florestas-Documents (INFOTECA-E), 2012.
- BEGCY, K.; MARIANO, E.D.; GENTILE, A.; LEMBKE, C.G.; ZINGARETTI, S.M.; SOUZA, G.M.; MENOSSI, M. **A novel stress-induced sugarcane gene confers tolerance to drought, salt and oxidative stress in transgenic tobacco plants**. PLoS One, San Francisco, v. 7, p. e44697, 2012.
- BELL, D. T.; WILLIAMS, J. E. *Eucalypt* Ecophysiology. Capítulo 8. In: **Eucalypt Ecology: Individuals to ecosystems**. Editado por Jann Williams e John Woinarski. Cambridge University Press, 1997.
- BILA, A.; ISSUFO, A. K. **Comportamento de eucaliptos na região norte e sul de Moçambique**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., Curitiba, 1993. **Anais** [...] São Paulo, SBS/SBEF, 1993.
- BLUM, A. Osmotic adjustment is a prime drought stress adaptive engine in support of plant production. **Plant, Cell and Environmental**, p. 1-7, 2016
- BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; MCDONALD, M. W.; TURNER, J. D. **Forest Trees of Australia**. 5th edn. CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria, Australia, 2006. 736 p.
- BORA, K. C. *et al.* Favorabilidade climática para a ferrugem do eucalipto no estado do Paraná. **Summa phytopathol**, Botucatu, v. 42, n. 1, jan./mar. 2016.
- BROOKER, M. I. H.; KLEINIG, D. A. **Field Guide to Eucalypts**. Volume 3 Northern Australia. 2nd edn. Bloomings Books, Melbourne, Victoria, Australia, 2004. 383 p.

CARLESSO, R.; SANTOS, R. F. Disponibilidade de Água às Plantas de Milho em Solos de Diferentes Texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 23, p. 17-25, 1999.

CARNE, P. B.; TAYLOR, K. Insect pest. In: Hillis, W. E & A. G. Brown (ed.). **Eucalyptus for wood production**. 2. ed. Melbourne: CSIRO, Academic Press, 1984. p 155-168. CARNEGIE, A.J. Forest health condition in New South Wales, Australia, 1996–2005. 2007.

CARPANEZZI, A. A.; FERREIRA, C. A.; ROTTA, E.; NAMIKAWA, I. S.; STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; MONTAGNER, L. H.; RAUEN, M. de J.; CARVALHO, P. E. R.; SILVEIRA, R. A.; ALVES, S. T. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no estado do Paraná**. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1986. 89p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 17).

CARPINTERO, D. L.; DELLAPÉ, P. M. A new species of *Thaumastocoris* Kirkaldy from Argentina (Heteroptera: Thaumastocoridae: Thaumastocorinae) **Zootaxa**, Auckland, n. 1228, p. 61-68, 2006.

CASTRO, H. A.; KRUGNER, T. L.; IDERIHA, C. H. F.; CAPELLO, M. S. C.; MARCHI, A. B. Inoculação cruzada de *Eucalyptus*, goiaba (*Psidium guajava*) e jambeiro (*Syzigium jambos*) com *Puccinia psidii* WINTER. **Fitopatologia brasileira**, [s.l.], v. 8, p. 491-7, 1983.

CIBRIAN-TOVAR, D.; HERRERA, G. I. Manual para la identificación y manejo de las plagas y enfermedades forestales del estado de Jalisco. **Documento técnico PRODEFO**, Guadalajara, Jalisco, n. 32, p. 23-29, 2001.

COSTELLO, L. R. *et al.* **Abiotic Disorders of Landscape Plants: A Diagnostic Guide**. University of California Agriculture and Natural Resources. Publication 3402. Oakland, California. 2003. p. 242.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: estatística experimental e matrizes**. Viçosa, MG. UFV, 2006.

DICKERSON, G. E.; BLUNN, C. T.; CHAPMAN, A. G.; KOTTMAN, R. M.; KRIDDER, J. L.; WARWICK, E. J.; WHATLEY JUNIOR, J. A.; BAKER, M. L.; WINTERS, L. M. **Evaluation of developing inbred lines of swine**. Columbia: University of Missouri, Agricultural Experiment Station, 1954. 60 p.

DOREY, S.; BAILLIEUL, F.; PIERREL, M. A.; SAINDRENAN, P.; FRITIG, B.; KAUFFMANN, S. Spatial and temporal induction of cell death, defense genes, and accumulation of salicylic acid in tobacco leaves reacting hypersensitively to a fungal glycoprotein elicitor. **Molecular Plant-Microbe Interaction**, St. Paul, v. 10, p. 646-655, 1997.

DUGAS, D.V.; MONACO, M.K.; OLSEN, A.; KLEIN, R.R.; KUMARI, S.; WARE, D.; KLEIN, P.E. Functional annotation of the transcriptome of *Sorghum bicolor* in response to osmotic stress and abscisic acid. **BMC Genomics**, London, v. 12, p. 21, 2011.

ELLIOTT, H. J. *et al.* **Insect pests of Australian forests**. Melbourne: Inkata, 1998. 214p.

ELSTON AB, R. C. A weight free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. *Biometrics*, **West Sussex**, v. 19, p. 85-97, 1963.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Londrina: **Editora Planta**. 403p, 2006.

FALKENHAGEN, E.R. Understanding multiple trait index selection and its problems. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n.137, p. 26-32, 1986.

FARIAS, S. G. G. Estresse osmótico na germinação, crescimento e nutrição mineral de glicirídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.)). 61f. (Dissertação – Mestrado) **Universidade Federal de Campina Grande**. Brasil, 2008.

FERREIRA, C. A. *et al.* Densidade básica de plantações comerciais na região de Mogi Guaçu, SP. **IPEF**, Piracicaba, v. 18, p. 106-17, 1979.

FERREIRA, F. A. Ferrugem do eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 7, n. 2, p. 91-109, 1983.

FERREIRA, F. A. Ferrugem do eucalipto: ocorrências, temperatura para germinação de uredosporo, produção de teliosporo, hospedeiro alternativo e resistência. **Fitopatologia brasileira**, [s.l.], v. 6, p. 603-4, 1981.

FERREIRA, F. A. **Diagnose Visual e Controle das Doenças Abióticas e Bióticas do Eucalipto no Brasil**. Viçosa: Editora UFV, 2012.

FERREIRA FILHO, P. J. *et al.* Dinâmica populacional do psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* (Moore, 1964) (Hemiptera: Psyllidae) e de seu parasitóide *Psyllaephagus bliteus* (Hymenoptera: Encyrtidae) em floresta de *Eucalyptus camaldulensis*. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 38, n. 8, p. 2109-2114, 2008.

FERNANDES, C. de F. **Expressão de enzimas relacionadas ao estresse oxidativo e ao mecanismo de defesa do feijão-de-corda** [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] ao fungo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Briosi & Cav. 2004. 162f. Tese (Doutorado em Bioquímica) – Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, UFC, Fortaleza.

FIRMINO-WINCKLER, D. C. *et al.* Biologia do psilídeo-de-concha *Glycaspis brimblecombei* Moore (Hemiptera, Psyllidae) em *Eucalyptus* spp. **Revista Brasileira de Entomologia**, [s.l.], v. 53, n. 1, p. 144-146, 2009.

FUJIHARA, A. K.; KAZI, M. C. M.; SARTORI, M. S. **Zoneamento de *Eucalyptus* spp. no Brasil e ocorrência de patógenos**. Trabalho apresentado na disciplina de Patologia Florestal, UNESP, Botucatu, 1994. 35p.

GALLO, D. *et al.* **Manual de entomologia agrícola**. Piracicaba: Fealq, 2002. 920p.

GARCIA, A. A. F. Índice para a seleção de cultivares. 1998. 112 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

HALL, M.; JOHNSTON, R. D.; CHIPPENDALE, G. M. **Forest trees Australia**. Canberra: Australian Department of Agriculture Forestry and Timber Bureau, 1975. 334 p.

HAMMOND-KOSACK, K. E.; JONES, J. D. G. Responses to plant pathogens. In: BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W., JONES, R. (Ed.) **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**. Rockville, Maryland, American Society of Plant Physiologists, cap. 21, p. 1102-1157. 2000.

HARRAND, L.; MARCÓ, M. A. Investigación hacia el desarrollo de material genético tolerante al frío. *In: JORNADAS FORESTALES DE ENTRE RIOS*, 26., 2012. **Anais [...]** Concórdia, Outubro, 2012.

HAWORTH, M., MARINO, G., BRUNETTI, C., KILLI, D., DE CARLO, A., CENTRITTO, M. The Impact of Heat Stress and Water Deficit on the Photosynthetic and Stomatal Physiology of Olive (*Olea europaea* L.) — A Case Study of the 2017 Heat Wave. **Plants**, v. 7, n. 4, p. 76, 2018

HAZEL, L.N. & LUSH, J.L. **The efficiency of three methods of selection**. *J. Hered.*, 33:393399, 1942

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, Austin, v. 28, n. 6, p. 476-490, 1943.

HIRT, H. Introduction. *In: HIRT, H.; SHINOZAKI, K. (Orgs.). Plant Responses to Abiotic Stress: Topics in Current Genetics*. 2003. p. 151-185.

IBÁ - Indústria Brasileira de produtores de Árvores. **Relatório IBÁ 2020 ano base 2019**. Brasília: 2020. 66 p. Disponível em: <https://iba.org/publicacoes>. Acesso em: 09 out. 2020.

INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório Anual 2019**. São Paulo: IBÁ, 2019. 80p.

IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. **BEPP - Brasil Eucalyptus Produtividade Potencial**. Disponível em: <http://www.ipef.br/bepp/>. Acesso em: 09 jan. 2011

JACOBS, D. H.; NESER, S. *Thaumastocoris australicus* Kirkaldy (Heteroptera: Thaumastocoridae): a new insect arrival in South Africa, damaging to *Eucalyptus* trees: research in action. **South African Journal of Science**, Johannesburg, v. 101, n. 5, p. 233-236, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3. ed. São Carlos: Rima, 2006. abc.

LEE, D.; DICKINSON, G.; LAWSON, S.; ARMSTRONG, M.; HOUSE, S.; LEWTY, M.; PEGG, G.; RYAN, P.; MUNERI, A.; NORTON, J.; MELDRUM, S.; HOPEWELL, G.; LEGGATE, W.; HUTH, J.; SMITH, T. **Hardwoods Queensland 1999-2003: Research and Development Outcomes**. Hardwoods Queensland Report No. 12, Forestry Research, Agency for Food and Fibre Sciences, Department of Primary Industries, Queensland, 2003. 63 p.

LIN, N. Q.; HUBER, J. T.; LA SALLE, J. The Australian Genera of *Mymaridae* (Hymenoptera: Chalcidoidea). **Zootaxa**, Auckland, n. 1596, p. 1 – 111, 2007.

MADANI, Babak et al. Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables. In: **POSTHARVEST Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables**. 2019. cap. 19, p. 405-423. Disponível: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813278-4.00020-8>.

MARTIN, B.; COSSALTER, C. Les *Eucalyptus* des îles de la Sonde. **Bois et Forêt des Tropiques**, [s.l.], v. 163, p. 3-25, 1975a.

MARTINS, I. S.; CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; PIRES, I. E. Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 327-333, 2003.

MARTINEZ, C.; BACCOU, J.C.; BRESSON, E.; BAISSAC, Y.; DANIEL, J.F.; JALLOUL, A.; MONTILLET, J.L.; GEIGER, J.P.; ASSIGBETSÉ, K.; NICOLE, M. Salicylic acid mediated by the oxidative burst is a key molecule in local and systemic responses of cotton challenged by an avirulent race of *Xanthomonas campestris* pv *malvacearum*. **Plant Physiology**, v. 122, p. 757-766, 2000.

MOORE K.M. Observations on some Australian forest insects. 18. Four new species of *Glycaspis* (Homoptera: Psyllidae) from Queensland. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 89: 163–166, 1964.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A Cultura do Eucalipto no Brasil – Eucalypt Cultivation in Brazil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000.

MORAES, C. B.; MORI, E. S. Polinização Controlada no Melhoramento genético Florestal. In: CURSO “AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA SILVICULTURA”, SEMANA DE ESTUDOS AGROPECUÁRIOS E FLORESTAIS DE BOTUCATU, 25., 2011, Botucatu. **Anais [...]** Botucatu: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, 2011.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Giza, v. 7, p. 40–51. 1978.

NIETO, V. M.; RODRIGUEZ, J. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. In: VOZZO, J. A. (Ed.). **Tropical Tree Seed Manual**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture/Forest Service, 2003. p. 466-467.

NOACK, A. E.; KAAPRO, J.; BARTIMOTE-AUFFLICK, K.; MANSFIELD, S.; ROSE, H. A. Efficacy of imidacloprid in the control of *Thaumastocoris peregrinus* on *Eucalyptus scoparia* in Sydney, Australia. **Arboriculture & Urban Forestry**, [s.l.], v. 35, n. 4, p. 191-195, 2009.

OLIVEIRA, L. M. et al. Fatores Abióticos e Produção Vegetal. In: PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e Produção Vegetal**. Lavras. Editora UFLA, 2006.

PALACIOS, Carmen et al. **Papel Ecológico dos Metabólitos Secundários Frente ao Estresse Abiótico**. In: LOPEZ, Alejandra Matiz et al. *Botânica no Inverno*: Instituto de

Biociências da Universidade de São Paulo, 2013. cap. 1, p. 52-59. ISBN 978-85-85658-36-6 ab.

PIGATO, S. M. P. C.; LOPES, C. R. Caracterização silvicultural, botânica e avaliação da variabilidade genética por meio de marcador molecular RAPD em um teste de progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 60, p.135-148, 2001.

PESEK, J., BAKER, R. J. Desired improvement in relation to selection indices. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 49, n. 6, p. 803-804, 1969.

PRYOR, L. D.; JOHNSTON, L. A. S. **A classification of the *Eucalyptus***. Canberra, Australian National University, 1971. 102p.

RIBEIRO, M. R.; et al. Química dos solos salinos e sódicos. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (ed.). Química e mineralogia do solo. Parte II – Aplicações. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. p. 449-484, 2009.

RIEK, E.F. The Australian species of *Psyllaephagus* (Hymenoptera, Encyrtidae), parasites of psyllids (Homoptera). **Aust. J. Zool.** 10, 684–757. 1962.

ROCHA, M. G. B.; ROCHA, D.; CLEMENTE, V. M.; FREITAS, M. V.; GOMES, R.; JESUS, S. V.; CHAVES, R. M.; TORRES, G. A. N. M.; XAVIER, A. Propagação vegetativa de espécies arbóreas nativas. In: ROCHA, M. G. B. **Melhoramento de espécies arbóreas nativas**. Belo Horizonte: Instituto Estadual de Florestas, Diretoria de Desenvolvimento Florestal Sustentável, 2002. p. 91-108.

SANTANA, D. L de Q. *et al.* **O psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) em eucalipto**. Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2003.

SANTOS, B. R. *et al.* Estresse Ambiental e Produtividade Agrícola. In: PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e Produção Ambiental**. Lavras: Editora UFLA, 2006.

SANTOS, F. S.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; RANGEL, R. M.; PEREIRA, M. G. Predição de ganhos genéticos por índice de seleção na população de Milho-Pipoca UNB-2U sob Seleção Recorrente. *Brangantia*, Campinas, v. 66, n. 3, p. 389-396, 2007.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit Hídrico e os Processos Morfológicos e Fisiológicos das Plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SCHUMAN, M.C. e BALDWIN, I.T. The layers of plant responses to insect herbivores. *Annu. Rev. Entomol.* 61, 373–394. 2016

SUZUKI, N. et al. (2014) Abiotic and biotic stress combinations. **New Phytol.** 203, 32–43

SCHWIDER, Y. S. *et al.* Efeito do Déficit Hídrico Sobre o Crescimento de Eucalipto em Diferentes Condições Microclimáticas. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 888-900, 2013.

SILVA, H. D. *et al.* **Comportamento essenciais florestais nas regiões árida e semi-árida do nordeste:** resultados preliminares. Brasília. EMBRAPA/DID,. 4p. 1980.

SILVA, F. A. M.; et al. Efeito do estresse salino sobre a nutrição mineral e o crescimento de mudas de Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) cultivadas em solução nutritiva. **Cerne**, v. 6, n. 1, p. 52-59, 2000.

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annual Eugenics**, v.7, p.240-250, 1936.

SMITH, O. S.; HALLAUER, A. R.; RUSSELL, W. A. Use of index selection in recurrent selection programs in maize. *Euphytica*, **Dordrecht**, v. 30, n. 3, p. 611-618, 1981.

STAM, J.M. et al. Plant interactions with multiple insect herbivores: from community to genes. *Annu. Rev. Plant Biol.* 65, 689–713. 2014.

SUTCLIFFE, J. **As Plantas e a Água.** Coleção temas de biologia. 23. ed. Traduzido por MACIEL, H. E. T. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA (EPU), 1980.

TÁVORA, F. J. A. F.; et al. Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 441-446, 2001.

VERBENE, M. C.; VERPOORTE, R.; BOL, J. F.; MERCADO-BLANCO, J.; LINTHORST, H. J. M. Overproduction of salicylic acid in plants by bacterial transgenes enhances pathogen resistance. **Nature Biotechnology**, New York, v. 18, p. 779-783, 2000.

VIDAVER, A.K., LAMBRECHT, PA., Bacteria as plant pathogens. **Plant Health Instr.** 10. 2004.

WILCKEN, C. F. *et al.* Manejo de pragas exóticas em florestas de eucalipto. Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso (ALICE). *In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA*, 2., 2011., Campinas. **Anais [...]** Piracicaba: ESALQ, 2011.

WILLIAMS, J. S. **The evaluation of a selection index.** **Biometrics**, North Carolina, v. 18, p. 375-393, 1962.

Winter, G. Repertorium. Rabenhorstii fungi europaei et extraeuropaei. **Centuria XXXI et XXXII.** Hedwigia, 23, 164–172. 1884

## CAPÍTULO 1: SELEÇÃO PRECOCE DE MATERIAIS GENÉTICOS DE EUCALIPTO TOLERANTES AO DÉFICIT HÍDRICO PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO

### RESUMO

A eucaliptocultura brasileira apresenta atualmente a maior produtividade florestal do mundo. As condições edafoclimáticas do país, associada aos anos de pesquisa e desenvolvimento da silvicultura – com ênfase no melhoramento genético – proporcionaram ao Brasil um cenário altamente competitivo no mercado mundial. Porém, eventos associados a alterações climáticas, como redução e má distribuição das chuvas, representam novos desafios ao aumento e a manutenção das altas produtividades registradas hoje em dia. Diante deste cenário, o presente trabalho objetivou avaliar novos materiais híbridos de *Eucalyptus* spp. com potencial de sobrevivência e boa produtividade em condições de restrição hídrica. Foram implantados experimentos em três locais com histórico de perda de plantíos por déficit hídrico. Para o caráter produtividade (IMA1), foram observados baixos valores de herdabilidade, tendo sido o melhor desempenho registrado no site Buritizeiro/MG, com herdabilidade de 0,21. A análise conjunta resultou em baixa correlação entre os locais, indicando que a seleção geral de materiais para os 3 sites não é indicada. Os cruzamentos que mais se destacaram foram GG2034 x GG4386 ((*E. grandis* HE) x (*E. pellita* x *E. brassiana*)) em Buritizeiro, GG918 x VS02 ((*E. camaldulensis*) x (*E. camaldulensis*)) em Inhambupe e VM4 x VS02 (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*) em Bocaiúva. Nenhum dos materiais testados apresentou desempenho superior nos 3 sites, mostrando forte interação genótipo x ambiente. Analisando-se a composição de espécies, o cruzamento de maior destaque foi *E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*, compondo 6,7% dos materiais ranqueados em Buritizeiro, e 10% dos materiais nos sites Inhambupe e Bocaiúva. Em todos os três sites foram encontrados indivíduos com potencial para serem clonados e avaliados em teste clonal, visando maximizar a sobrevivência e produtividade em sites com elevado déficit hídrico. As famílias resultantes de cruzamentos híbridos multi-espécies (com 3 ou mais genitores) apresentaram bom desempenho e adaptação nos sites avaliados, demonstrando que a produção de híbridos multi-espécies pode figurar como estratégia interessante para obter melhores desempenhos para o gênero *Eucalyptus* nas áreas secas do Brasil. Cruzamentos envolvendo *E. camaldulensis*, *E. brassiana* e *E. pellita* estiveram entre as primeiras posições dos rankings, demonstrando a adaptação de híbridos com essas espécies em zonas de déficit hídrico.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus*. Déficit hídrico. Híbridação. Tolerância à seca.

## ABSTRACT

Brazilian eucalyptus culture currently has the highest forest productivity in the world. The country's edaphoclimatic conditions, associated with years of research and development in silviculture - with an emphasis on genetic improvement - provided Brazil with a highly competitive position in the world market. However, events associated with climate change, such as the reduction and poor distribution of rainfall, represent new challenges to the maintenance and continuous growth of the high productivity levels recorded today. On the back of these developments, the present study aimed to evaluate new hybrid materials of *Eucalyptus* spp. with potential for survival and good productivity in conditions of water restriction. Experiments were implemented in three locations with a history of plantation loss due to water shortage. For the productivity character (IMA1), low values of heritability were observed, with the best performance recorded on the Buritizeiro / MG site, with a heritability of 0.21. The joint analysis resulted in a low correlation between the sites, showing that the general selection of materials for the three sites is not recommended. The crossings that stood out the most were GG2034 x GG4386 ((*E. grandis* HE) x (*E. pellita* x *E. brassiana*)) in Buritizeiro, GG918 x VS02 ((*E. camaldulensis*) x (*E. camaldulensis*)) in Inhambupe and VM4 x VS02 (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*) in Bocaiúva. None of the tested materials showed superior performance at the three sites, showing strong genotype x environment interaction. Analyzing the species composition, the most prominent crossing was *E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*, comprising 6.7% of the materials ranked in Buritizeiro, and 10% of the materials at the Inhambupe and Bocaiúva sites. In all three sites, individuals with the potential to be cloned and evaluated in a clonal test were found, aiming to maximize survival and productivity in sites with high water constraints. The families resulting from multi-species hybrid crossings (with three or more parents) showed good performance and adaptation in the evaluated sites, demonstrating that the production of multi-species hybrids can be an interesting strategy to obtain better performances for the genus *Eucalyptus* in dry areas of Brazil. Crossings involving *E. camaldulensis*, *E. brassiana* and *E. pellita* were among the first positions in the rankings, demonstrating the adaptation of hybrids with these species in water deficit zones.

**Key-words:** *Eucalyptus*, water deficit, hybridization, drought tolerance.

## 1. INTRODUÇÃO

O eucalipto é uma cultura de forte importância para o Brasil, uma vez que possui grande impacto na economia do país. Além de possuir participação significativa no PIB (produto interno bruto), gera também empregos de forma direta e indireta. As áreas de árvores plantadas no Brasil totalizam 7,83 milhões de hectares, onde os plantios de eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares desse total (IBÁ, 2019).

Com o avanço histórico do setor florestal no Brasil, programas robustos de melhoramento genético foram desenvolvidos, e várias espécies de eucalipto foram introduzidas no país, possibilitando a produção de novos híbridos. Em geral, os programas de melhoramento visam principalmente o aumento de produtividade e melhoria de características como qualidade da madeira, tolerância a pragas e doenças e adaptabilidade a diferentes ambientes (ASSIS, 2014). Muitos avanços tecnológicos e silviculturais foram alcançados, tornando o Brasil referência mundial em produtividade e tecnologia florestal.

Contudo, nos anos de 2012 a 2016 o Brasil enfrentou um período de estiagem prolongada com expressiva redução das médias pluviométricas históricas em diversas partes do país, causando um forte impacto negativo no setor florestal, registrando um declínio considerável na produtividade e perda de milhares de hectares de plantio. Estes eventos acenderam um alerta nas empresas do setor, instigando novas linhas de pesquisas voltadas à hibridação de espécies e desenvolvimento de materiais genéticos que mantenham níveis elevados de produtividade, mesmo em condições de deficiência hídrica por períodos curtos ou prolongados.

Dessa forma, as empresas Aperam, ArcelorMittal, Bracell, Cenibra, CMPC Celulose Riograndense, Duratex, Eldorado Papel e Celulose, Frondosa Participações, Gerdau, International Paper, Klabin, Minasligas, Suzano, Vallourec e Veracel uniram esforços à Sociedade de Investigações Florestais (SIF) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) para desenvolvimento do maior programa cooperativo de melhoramento genético de *Eucalyptus* para tolerância a seca do mundo, em um projeto que visa levar a campo mais de 100.000 potenciais indivíduos com potencial de tolerância a seca. Este trabalho detalha a metodologia de implementação do Projeto Tolerância à Seca, e os resultados obtidos a partir das primeiras avaliações genéticas realizadas após 6 meses de implantação dos experimentos de campo, visando identificar famílias e indivíduos de desempenho superior às testemunhas comerciais utilizadas nos testes.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do estudo foi estimar parâmetros genéticos de caracteres de crescimento e ganho de seleção em teste de progênies de híbridos de *Eucalyptus*, visando identificar famílias com boa tolerância a condições de déficit hídrico e produtividade semelhante ou superior aos materiais atualmente disponíveis no mercado.

### 2.2 Objetivos específicos

- a Avaliar o potencial de espécies de eucalipto tolerantes à seca;
- b Identificar cruzamentos de alto potencial de tolerância ao déficit hídrico;
- c Estimar os parâmetros genéticos para progênies de polinização controlada entre 30 clones e oito espécies puras de eucalipto de ocorrência natural em áreas de déficit hídrico, na Austrália;
- d Estimar os ganhos genéticos obtidos com a seleção de famílias com desempenho superior às testemunhas; e
- e Selecionar indivíduos potenciais genitores e potenciais clones, que tenham desempenho superior à melhor testemunha.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Seleção dos materiais genéticos

Para formação da matriz de cruzamentos controlados, foram disponibilizados pelas empresas participantes do projeto, clones oriundos de seus programas internos de melhoria que apresentaram algum potencial de sobrevivência ou produtividade quando submetidos a condições de déficit hídrico, se comparados com a maioria dos materiais plantados comercialmente por estas empresas. Devido ao expressivo número de empresas envolvidas no projeto cooperativo, os materiais cedidos propiciaram uma grande variabilidade e representatividade de genótipos envolvidos nos cruzamentos controlados (Tabela 1).

Além dos clones citados, foram selecionadas sete espécies puras de ocorrência natural em áreas de acentuada deficiência hídrica na Austrália, para participarem dos cruzamentos como doadoras de pólen. As espécies foram: *E. argophloia*, *E. brassiana*, *E. camaldulensis*, *E. longirostrata*, *E. pellita*, *E. resinífera* e *E. tereticornis*. Dessas espécies foi utilizado um pólen mix entre pelo menos 6 genótipos elite dentro das espécies, uma vez que ainda não existiam clones disponíveis dessas espécies.

Tabela 1 - Clones selecionados para os cruzamentos controlados e as espécies que compõem cada um deles

<b>Clones</b>	<b>Espécies</b>
AEC2034	<i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )
AEC2197	<i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )
AEC3000	<i>E. camaldulensis</i>
CNB016	<i>E. urophylla</i> (híbrido espontâneo)
CO1275	<i>E. urophylla</i> (híbrido espontâneo)
CO1277	<i>E. grandis</i> x <i>E. camaldulensis</i>
CO1445	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>
LR 830	<i>E. longirostrata</i>
LR 831	<i>E. longirostrata</i>
G03030	<i>E. longirostrata</i>
GG0682	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
GG0918	<i>E. camaldulensis</i>
GG0927	<i>E. camaldulensis</i>
GG1883	<i>E. urophylla</i>
GG2034	<i>E. grandis</i> (híbrido espontâneo)
GG2759	<i>E. urophylla</i>
GG3389	<i>E. urophylla</i> (híbrido espontâneo)
GG3633	<i>E. camaldulensis</i>
GG4302	<i>E. brassiana</i>
GG4304	<i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>
GG4383	( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i>
GG4386	<i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i>
VCC1006	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
VCC2880	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
VM1	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>
VM4	<i>E. urophylla</i> (híbrido espontâneo)
VM7	<i>E. urophylla</i> (híbrido espontâneo)
VS02	<i>E. camaldulensis</i>
VS62	<i>E. camaldulensis</i>
<b>VT04</b>	<b><i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i></b>

Fonte: Dados da pesquisa.

No total, nove espécies do gênero *Eucalyptus* estiveram presentes nos cruzamentos realizados, sendo as sete espécies supracitadas, além de *E. grandis* e *E. urophylla*.

### 3.2 Polinizações controladas

As polinizações controladas foram realizadas utilizando-se a técnica da protoginia artificialmente induzida (PAI), que consiste em cortar o topo do opérculo do botão floral, cortando-se o terço superior do estilete, no estágio de pré-antese, ou seja, com a flor ainda fechada, realizando a polinização imediatamente após a indução (ASSIS *et al.*, 2005). Após a

escolha dos materiais, foi gerada a matriz de cruzamentos esperados a serem realizados pelo projeto (Tabela 2).

A matriz contempla os cruzamentos realizados nos anos de 2017 e 2018. Neste trabalho foram avaliados os cruzamentos realizados no primeiro ciclo de hibridação e plantio de experimentos (2018), sendo avaliados 260 cruzamentos híbridos.

Foi estabelecida a realização de 240 polinizações (botões), por cruzamento, visando obter-se, ao final, ao menos 300 mudas de cada família híbrida. Esse número atende ao plantio de 100 indivíduos de cada família em cada um dos três sites selecionados para receberem os testes.

Devido ao alto número de cruzamentos e polinizações a serem realizadas no projeto, parte dos cruzamentos foi atribuída às empresas participantes e outra parte assumida pela UFV. As polinizações sob responsabilidade das empresas foram realizadas em seus próprios pomares, em matrizes já estabelecidas e utilizadas nos programas internos de melhoramento. Para a realização dos cruzamentos na UFV, foi construído um Pomar *Indoor* de Hibridação, nomeado Assis *Indoor* como forma de homenagem ao pesquisador e melhorista Teotônio de Assis, responsável, entre outros feitos, pelo desenvolvimento da técnica PAI.

Figura 1 - a) execução da técnica de polinização "PAI"; b) realização de cruzamentos controlados no pomar "Assis Indoor"; c) botões florais já polinizados, devidamente marcados e identificados



Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 2 - Matriz de cruzamentos em semi-dialeto, representando todos os cruzamentos entre clones e entre clones e espécies

Mãe / Pai	Entre Clones																									Com espécies																	
	GG 0682	GG 0918	GG 0927	GG 1883	GG 2034	GG 2759	GG 3389	GG 3633	GG 4302	GG 4304	GG 4383	GG 4386	AEC 2034	AEC 2197	AEC 3000	CO 1275	CO 1277	CO 1445	GO 3083	LR 830	LR 831	VM 01	VM 04	VM 07	VCC 1006	VCC 2880	VS 02	VS 62	CNB 016	VT 04	<i>E. long.</i> <sub>1</sub>	<i>E. camal.</i> <sub>2</sub>	<i>E. pellita</i> <sub>3</sub>	<i>E. bras.</i> <sub>4</sub>	<i>E. resinif.</i> <sub>5</sub>	<i>E. teret.</i> <sub>6</sub>	<i>E. argop.</i> <sub>7</sub>						
GG0682	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GG0918		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GG0927			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GG1883				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GG2034					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GG2759						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GG3389							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GG3633								x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GG4302									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GG4304										x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GG4383											x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GG4386												x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
AEC2034													x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
AEC2197														x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
AEC3000															x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
CO1275																x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
CO1277																	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
CO1445																		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GO3083																			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
LR00830																				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
LR00831																						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
VM01																							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
VM04																								x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
VM07																									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
VCC1006																										x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
VCC2880																											x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
VS02																																											
VS62																																											
CNB016																																											
VT04																																											

Onde: 1. *E. Longirostrata*; 2. *E. Camaldulensis*; 3. *E. Pellita*; 4. *E. Brassiana*; 5. *E. Resinifera*; 6. *E. Tereticornis*; 7. *E. Argophloia*;

Fonte: Dados da pesquisa

O pomar foi construído no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal, localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais nas coordenadas geográficas 20°45'45" S e 42°52'04" W, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, à altitude de 652 m. O clima do local é do tipo Cwb segundo Köppen, classificado como subtropical moderado úmido, com precipitação média anual de 1.185 mm e umidade relativa do ar em torno de 80%. A temperatura média anual é de 22,31°C, sendo a média das máximas de 28,2 °C e a das mínimas de 16,4 °C.

Os materiais selecionados para serem introduzidos no pomar de hibridação da UFV foram escolhidos estrategicamente, visando auxiliar as empresas que possuíam mais cruzamentos a serem realizados (Tabela 3).

Para formação das matrizes introduzidas no pomar de hibridações da UFV (*Assis Indoor*), foram coletados propágulos em campo, e transportados até o viveiro de pesquisas da UFV, onde foram enxertados pelo método de garfagem em fenda cheia. Técnica também chamada de garfagem de topo, que consiste em decepar o porta-enxerto a uma determinada altura (10 cm) e neste efetuar uma fenda com um bisturi cirúrgico ou canivete bem afiado para o encaixe do ramo (XAVIER *et al.*, 2009). Após este procedimento, utilizou-se um filme de parafina plástica (Parafilm M<sup>®</sup>), para cobrir todo o enxerto, reduzindo de forma significativa as trocas gasosas do propágulo com o ambiente. Reduzindo assim, a perda de água pelo enxerto até que o câmbio de ambas as partes se una e restabeleça o fluxo de água e nutrientes entre o porta-enxerto e o enxerto. O local da união entre as partes é reforçado com fitilho plástico, visando garantir o contato entre os tecidos internos das plantas.

Tabela 3 - Matrizes alocadas no pomar de cruzamento da UFV, Assis Indoor

Matrizes	Nº de indivíduos
GG0682	4
GG0918	1
GG1883	1
GG2034	1
GG2759	1
GG3389	2
GG4302	4
GG4303	4
GG4304	4
GG4386	4
VM04	3
VM07	1
VS02	2
VS62	3

Fonte: Dados da pesquisa.

As matrizes enxertadas receberam manejo, adubações e podas visando formação de uma copa baixa e ampla. Quando a copa das matrizes atingiram diâmetros superiores a um metro, as plantas foram tratadas com o inibidor de crescimento paclobutrazol (PBZ) [(2RS,3RS)-1-(4-clorofenil)-4,4-dimetil-2-(1H-1,2,4-triazol-1-il)pentan-3-ol]. Membro da família dos triazóis que possui propriedade reguladora do crescimento (SOUMYA *et al.*, 2017), indicado para fornecer os benefícios do crescimento reduzido (HASAN; REID, 1995). Além de permitir o encurtamento do ciclo vegetativo, acelerando e aumentando o florescimento (GARDNER *et al.*, 2016). Dessa forma, reduzindo o tempo de cada geração (HASAN; REID, 1995; WEI *et al.*, 2018). Este efeito se deve ao antagonismo a ação das giberelinas, induzindo redução de sua ação (KISHORE *et al.*, 2015). A utilização das técnicas, em conjunto, resultou no florescimento precoce dos materiais a partir do 12º mês após a enxertia.

Para execução das polinizações, os pólenes dos clones e das espécies puras participantes do projeto foram coletados pelas empresas responsáveis pelos materiais, e enviados à coordenação do projeto. Os materiais ficaram armazenados a -17°C no laboratório da UFV. Posteriormente, foram distribuídos para as empresas detentoras de matrizes, para realização dos cruzamentos. Foram enviados 0,24g de pólen de cada material doador, quantidade suficiente para polinização de 240 botões florais. Foram polinizadas aproximadamente 62.400 flores na primeira etapa do projeto.

Após a maturação e colheita das sementes híbridas geradas pelos cruzamentos controlados do projeto, estas foram armazenadas na UFV, até o seu semeio. As progênies obtidas no primeiro ciclo de polinizações do projeto (2017/2018) estão listadas na Tabela 4.

(continua)

Tabela 4 - Progênies obtidas dos cruzamentos controlados

Progênies		
AEC2034xAEC2197	GG3389xAEC2034	GG0682xVS62
AEC2034xCAM	GG3389xAEC2197	GG0682xVT04
AEC2034xCNB016	GG3389xBRA	GG0682xVT04
AEC2034xAEC3000	GG3389xCNB016	GG0918xAEC2034
AEC2034xLON	GG3389xGG3633	GG0918xAEC2197
AEC2034xLR830	GG3389xGG4302	GG0918xBRA
AEC2034xLR831	GG3389xGG4304	GG0918xCNB016
AEC2034xRES	GG3389xGG4383	GG0918xGG2759
AEC2034xTER	GG3389xGG4386	GG0918xGG4302
AEC2034xVCC2880	GG3389xAEC3000	GG0918xGG4304
AEC2034xVM1	GG3389xPEL	GG0918xGG4383
AEC2197xAEC3000	GG3389xTER	GG0918xGG4386
AEC2197xLR830	GG3389xVCC2880	GG0918xGG0918
AEC2197xLR831	GG3389xVM1	GG0918xGG927
AEC2197xVCC1006	GG3389xVM4	GG0918xAEC3000
AEC2197xVM1	GG3389xVM7	GG0918xPEL
AEC2197xVM4	GG3389xVS02	GG0918xTER
AEC2197xVT04	GG3389xVS62	GG0918xVCC1006
CNB016xBRA	GG3389xVT04	GG0918xVCC2880
CNB016xCAM	GG3633xAEC2034	GG0918xVM7
CNB016xCNB016	GG3633xAEC2197	GG0918xVM1
CNB016xPEL	GG3633xBRA	GG0918xVM4
CNB016xTER	GG3633xCNB016	GG0918xVS02
CNB016xVT04	GG3633xGG3633	GG0918xVS62
GG1883xAEC2034	GG3633xGG4302	GG0918xVT04
GG1883xBRA	GG3633xGG4304	AEC3000xVS02
GG1883xCNB016	GG3633xAEC3000	AEC3000xVS62
GG1883xGG1883	GG3633xPEL	AEC3000xCNB016
GG1883xGG2034	GG3633xTER	AEC3000xRES
GG1883xGG2759	GG3633xVM1	AEC3000xTER
GG1883xGG3389	GG3633xVM4	AEC3000xVCC1006

Tabela 4 – Progênies obtidas dos cruzamentos controlados

(continuação)

Progênies		
GG1883xGG3633	GG3633xVM7	AEC3000xVM1
GG1883xGG4302	GG3633xVS02	AEC3000xVM4
GG1883xGG4304	GG3633xVS62	AEC3000xVS02
GG1883xGG4383	GG3633xVT04	AEC3000xVS62
GG1883xGG4386	GG4302xAEC2034	AEC3000xVT04
GG1883xAEC3000	GG4302xAEC2197	VM1xBRA
GG1883xPEL	GG4302xGG4302	VM1xCAM
GG1883xTER	GG4302xGG4304	VM1xCNB016
GG1883xVCC1006	GG4302xGG4383	VM1xLON
GG1883xVCC2880	GG4302xGG4386	VM1xPEL
GG1883xVM1	GG4304xAEC2034	VM1xRES
GG1883xVM4	GG4304xAEC2197	VM1xTER
GG1883xVM7	GG4304xGG4304	VM1xVCC1006
GG1883xVS02	GG4304xGG4383	VM1xVCC2880
GG1883xVT04	GG4304xAEC3000	VM1xVM4
GG2034xAEC2034	GG4304xVM1	VM1xVM7
GG2034xAEC2197	GG4304xVM4	VM1xVS02
GG2034xCNB016	GG4304xVT04	VM1xVT04
GG2034xGG2034	GG4383xAEC2034	VM4xBRA
GG2034xGG2759	GG4383xAEC2197	VM4xCAM
GG2034xGG3389	GG4383xGG4383	VM4xCNB016
GG2034xGG4302	GG4383xGG4386	VM4xLON
GG2034xGG4304	GG4383xAEC3000	VM4xPEL
GG2034xGG4383	GG4383xVT04	VM4xRES
GG2034xGG4386	GG4386xAEC2034	VM4xTER
GG2034xPEL	GG0682xAEC2034	VM4xVCC1006
GG2034xTER	GG0682xAEC3000	VM4xVCC2880
GG2034xVM07	GG0682xBRA	VM4xVM7
GG2034xVM1	GG0682xCAM	VM4xVS02
GG2034xVM4	GG0682xCNB016	VM4xVT04
GG2034xVS02	GG0682xGG2034	VM7xCAM
GG2034xVS62	GG0682xGG2759	VM7xCNB016
GG2034xVT04	GG0682xGG3389	VM7xLON
GG2034xVT04	GG0682xGG4302	VM7xPEL
GG2759xAEC2034	GG0682xGG4304	VM7xTER
GG2759xAEC2197	GG0682xGG4383	VM7xVCC1006
GG2759xBRA	GG0682xGG4386	VM7xVCC2880
GG2759xCAM	GG0682xGG0682	VM7xVM4
GG2759xCNB016	GG0682xGG0918	VM7xVM7
GG2759xGG2759	GG0682xGG927	VM7xVS02

Tabela 4 – Progênies obtidas dos cruzamentos controlados

(conclusão)

<b>Progênies</b>		
GG2759xGG3389	GG0682xAEC3000	VM7xVS62
GG2759xGG4302	GG0682xPEL	VM7xVT04
GG2759xGG4304	GG0682xTER	VT04xVT04
GG2759xGG4383	GG0682xVCC1006	
GG2759xGG4386	GG0682xVCC2880	
GG2759xVS02	GG0682xVM1	
GG2759xVS62	GG0682xVM4	
GG2759xVT04	GG0682xVS02	

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 5 - Lista dos cruzamentos híbridos avaliados e as espécies que compõem a família

(continua)

<b>Cruzamento</b>	<b>Espécies</b>
AEC2034xAEC2197	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
AEC2034xCAM	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
AEC2034xCNB16	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
AEC2034xI3000	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
AEC2034xLON	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. longirostrata</i> )
AEC2034xLR830	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. longirostrata</i> )
AEC2034xLR831	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. longirostrata</i> )
AEC2034xRES	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. resinifera</i> )
AEC2034xTER	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. tereticornis</i> )
AEC2034xVCC2880	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
AEC2034xVM1	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )
AEC2197xI3000	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
AEC2197xLR830	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. longirostrata</i> )
AEC2197xLR831	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. longirostrata</i> )
AEC2197xVCC1006	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
AEC2197xVM1	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )
AEC2197xVM4	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
AEC2197xVT4	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
CNB16xBRA	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. brassiana</i> )
CNB16xCAM	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
CNB16xCNB16	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
CNB16xPEL	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. pellita</i> )
CNB16xTER	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. tereticornis</i> )
CNB16xVT4	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG1883xAEC2034	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG1883xBRA	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
GG1883xCNB16	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG1883xGG1883	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> )
GG1883xGG2034	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG1883xGG2759	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> )
GG1883xGG3389	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG1883xGG3633	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG1883xGG4302	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
GG1883xGG4304	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )
GG1883xGG4383	( <i>E. urophylla</i> ) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )
GG1883xGG4386	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )
GG1883xI3000	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG1883xPEL	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. pellita</i> )
GG1883xTER	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. tereticornis</i> )
GG1883xVCC1006	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG1883xVCC2880	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )

Tabela 5 – Lista dos cruzamentos híbridos avaliados e as espécies que compõem a família  
(continuação)

Cruzamento	Espécies
GG1883xVM1	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )
GG1883xVM4	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG1883xVM7	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG1883xVS2	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG1883xVT4	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG2034xAEC2034	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG2034xAEC2197	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG2034xCNB16	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG2034xGG2034	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG2034xGG2759	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> )
GG2034xGG3389	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG2034xGG4302	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. brassiana</i> )
GG2034xGG4304	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )
GG2034xGG4383	( <i>E. grandis</i> HE) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )
GG2034xGG4386	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )
GG2034xPEL	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. pellita</i> )
GG2034xTER	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. tereticornis</i> )
GG2034xVM07	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG2034xVM1	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )
GG2034xVM4	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG2034xVS02	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG2034xVS62	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG2034xVT4	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG2034xVT4	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG2759xAEC2034	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG2759xAEC2197	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG2759xBRA	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
GG2759xCAM	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG2759xCNB16	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG2759xGG2759	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> )
GG2759xGG3389	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG2759xGG4302	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
GG2759xGG4304	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )
GG2759xGG4383	( <i>E. urophylla</i> ) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )
GG2759xGG4386	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )
GG2759xVS02	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG2759xVS62	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG2759xVT4	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG3389xAEC2034	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG3389xAEC2197	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG3389xBRA	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. brassiana</i> )
GG3389xCNB16	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> HE)

Tabela 5 – Lista dos cruzamentos híbridos avaliados e as espécies que compõem a família  
(continuação)

Cruzamento	Espécies
GG3389xGG3633	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG3389xGG4302	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. brassiana</i> )
GG3389xGG4304	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )
GG3389xGG4383	( <i>E. urophylla</i> HE) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )
GG3389xGG4386	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )
GG3389xI3000	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG3389xPEL	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. pellita</i> )
GG3389xTER	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. tereticornis</i> )
GG3389xVCC2880	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG3389xVM1	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )
GG3389xVM4	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG3389xVM7	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG3389xVS02	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG3389xVS62	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG3389xVT4	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG3633xAEC2034	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG3633xAEC2197	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG3633xBRA	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
GG3633xCNB16	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG3633xGG3633	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG3633xGG4302	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
GG3633xGG4304	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )
GG3633xI3000	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG3633xPEL	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. pellita</i> )
GG3633xTER	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. tereticornis</i> )
GG3633xVM1	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )
GG3633xVM4	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG3633xVM7	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG3633xVS2	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG3633xVS62	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG3633xVT4	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG4302xAEC2034	( <i>E. brassiana</i> ) x ( <i>E. grandis</i> HE)
GG4302xAEC2197	( <i>E. brassiana</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG4302xGG4302	( <i>E. brassiana</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
GG4302xGG4304	( <i>E. brassiana</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )
GG4302xGG4383	( <i>E. brassiana</i> ) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )
GG4302xGG4386	( <i>E. brassiana</i> ) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )
GG4304xAEC2034	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG4304xAEC2197	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG4304xGG4304	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )
GG4304xGG4383	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> ) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )

Tabela 5 – Lista dos cruzamentos híbridos avaliados e as espécies que compõem a família  
(continuação)

<b>Cruzamento</b>	<b>Espécies</b>
GG4304xVM1	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )
GG4304xVM4	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG4304xVT4	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG4383xAEC2034	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG4383xAEC2197	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG4383xGG4383	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )
GG4383xGG4386	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )
GG4383xI3000	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG4383xVT4	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG4386xAEC2034	( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG682xAEC2034	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG682xI3000	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG682xBRA	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
GG682xCAM	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG682xCNB16	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG682xGG2034	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. grandis</i> HE)
GG682xGG2759	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> )
GG682xGG3389	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG682xGG4302	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
GG682xGG4304	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )
GG682xGG4383	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x (3 ( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )
GG682xGG4386	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )
GG682xGG682	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG682xGG918	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG682xGG927	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG682xI3000	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG682xPEL	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. pellita</i> )
GG682xTER	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. tereticornis</i> )
GG682xVCC1006	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG682xVCC2880	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG682xVM1	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )
GG682xVM04	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG682xVS2	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG682xVS62	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG682xVT4	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG682xVT4	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG918xAEC2034	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG918xAEC2197	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
GG918xBRA	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
GG918xCNB16	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG918xGG2759	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> )

Tabela 5 – Lista dos cruzamentos híbridos avaliados e as espécies que compõem a família  
(continuação)

<b>Cruzamento</b>	<b>Espécies</b>
GG918xGG4302	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
GG918xGG4304	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )
GG918xGG4383	( <i>E. camaldulensis</i> ) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )
GG918xGG4386	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )
GG918xGG918	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG918xGG927	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG918xI3000	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG918xPEL	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. pellita</i> )
GG918xTER	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. tereticornis</i> )
GG918xVCC1006	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG918xVCC2880	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
GG918xVM7	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG918xVM1	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )
GG918xVM4	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
GG918xVS02	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG918xVS62	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
GG918xVT4	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
I3000xVS2	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
I3000xVS62	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
I3000xCNB16	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
I3000xRES	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. resinifera</i> )
I3000xTER	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. tereticornis</i> )
I3000xVCC1006	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
I3000xVM1	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )
I3000xVM4	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
I3000xVS2	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
I3000xVS62	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
I3000xVT4	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
VM1xBRA	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
VM1xCAM	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
VM1xCNB16	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
VM1xLON	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. longirostrata</i> )
VM1xPEL	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. pellita</i> )
VM1xRES	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. resinifera</i> )
VM1xTER	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. tereticornis</i> )
VM1xVCC1006	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
VM1xVCC2880	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
VM1xVM4	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
VM1xVM7	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
VM1xVS2	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
VM1xVT4	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
VM4xBRA	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. brassiana</i> )
VM4xCAM	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. camaldulensis</i> )

Tabela 5 – Lista dos cruzamentos híbridos avaliados e as espécies que compõem a família (conclusão)

<b>Cruzamento</b>	<b>Espécies</b>
VM4xCNB16	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla HE)</i>
VM4xLON	<i>(E. urophylla HE) x (E. longirostrata)</i>
VM4xPEL	<i>(E. urophylla HE) x (E. pellita)</i>
VM4xRES	<i>(E. urophylla HE) x (E. resinifera)</i>
VM4xTER	<i>(E. urophylla HE) x (E. tereticornis)</i>
VM4xVCC1006	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla x E. grandis)</i>
VM4xVCC2880	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla x E. grandis)</i>
VM4xVM7	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla HE)</i>
VM4xVS2	<i>(E. urophylla HE) x (E. camaldulensis)</i>
VM4xVT4	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla x E. grandis)</i>
VM7xCAM	<i>(E. urophylla HE) x (E. camaldulensis)</i>
VM7xCNB16	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla HE)</i>
VM7xLON	<i>(E. urophylla HE) x (E. longirostrata)</i>
VM7xPEL	<i>(E. urophylla HE) x (E. pellita)</i>
VM7xTER	<i>(E. urophylla HE) x (E. tereticornis)</i>
VM7xVCC1006	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla x E. grandis)</i>
VM7xVCC2880	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla x E. grandis)</i>
VM7xVM4	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla HE)</i>
VM7xVM7	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla HE)</i>
VM7xVS2	<i>(E. urophylla HE) x (E. camaldulensis)</i>
VM7xVS62	<i>(E. urophylla HE) x (E. camaldulensis)</i>
VM7xVT4	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla x E. grandis)</i>
VT4xVT4	<i>(E. urophylla x E. grandis) x (E. urophylla x E. grandis)</i>

Fonte: Dados da pesquisa.

### 3.3 Produção das mudas híbridas

Concluídas as etapas de polinização, coleta dos frutos e beneficiamento das sementes, estas foram encaminhadas à UFV, para que as mudas fossem produzidas no pátio de mudas do viveiro de pesquisas DEF/UFV, onde parte das polinizações foram realizadas.

Assim que recebidas pela equipe técnica do projeto, as sementes foram armazenadas em câmara fria a temperatura de 5°C e foram retiradas gradualmente conforme eram semeadas.

Durante o processo de produção, foram utilizadas 8 bancadas com tela de malha quadriculada 3x3cm, ondulada, possuindo cada uma delas, 1 metro de altura, 21 metros de comprimento e 1,6 metros de largura (Figura 2).

Figura 2 - Bancadas construídas no viveiro de pesquisas florestais da UFV para a produção de mudas do Projeto Tolerância a Seca



Fonte: Dados da pesquisa.

Para semeio das mudas, foram utilizados tubetes plásticos de 55cm<sup>3</sup>. O substrato utilizado no enchimento dos tubetes para produção das mudas, de nome comercial “Tropstrato Florestal Mix” tem formulação à base de casca de pinus, fibra de coco e vermiculita expandida. A adubação de base adotada foi de 7kg/m<sup>3</sup> de Superfosfato Simples e 2kg/m<sup>3</sup> do fertilizante de liberação controlada Osmocote® 15-09-12. Fertilizantes de liberação controlada possuem compostos solúveis em seu interior, como NPK e alguns micronutrientes, envolvidos por uma membrana semipermeável que, por efeito da temperatura, dilata e contrai, controlando a liberação gradual e osmótica de nutrientes ao substrato (Bennett, 1996). A adoção desta adubação de base, garantiu um grande sucesso na germinação das sementes e no desenvolvimento das plantas, assegurando que as mudas permanecessem bem nutridas durante todo seu desenvolvimento, sendo necessárias apenas as adubações complementares de rustificação.

Antes de serem preenchidos com substrato misturado a adubação de base, os tubetes de 55cm<sup>3</sup> foram devidamente esterilizados com hipoclorito de sódio 2%.

Depois de preenchidos, os tubetes foram dispostos nas bancadas de forma que fossem semeados 300 tubetes por progênie. As progênies foram dispostas de forma dividida nas bancadas, utilizando-se canos PVC como separadores, e placas de identificação do material semeado.

Figura 3 - Sementes híbridas prontas para o semeio, A; operação de cobertura das sementes com fina camada de substrato peneirado, B; tubetes semeados protegidos por tela de sombreamento durante a germinação das sementes, C.



Fonte: Dados da pesquisa.

Antes da semeadura, os canteiros eram bem irrigados, para assegurar o fornecimento de água necessário ao processo de germinação das sementes híbridas. Em seguida, as sementes foram manualmente depositadas no centro dos tubetes, colocando-se de 2 a 4 sementes por recipiente. A calibração da quantidade de sementes foi feita manualmente pela equipe do projeto, treinada para tal atividade. Em seguida, as sementes foram cobertas com uma fina camada de substrato peneirado (Figura 3). Os canteiros foram cobertos com telas de sombreamento 50% (sombrite) para reduzir a temperatura e tornar a irrigação mais leve sobre os tubetes, formando assim uma barreira mecânica contra pássaros e ventos fortes. Houve uma grande variação entre as famílias no período decorrido entre o semeio e a germinação completa das sementes, variando de 4 a 15 dias. Nessa fase, foram realizadas irrigações frequentes e leves, garantindo a umidade necessária para a germinação e desenvolvimento das plântulas. Após a germinação das sementes foram retiradas as telas de sombreamento, induzindo as mudas a iniciarem sua fase de crescimento.

Quando as mudas atingiram cerca de 5 cm e 2 a 3 pares de folhas, iniciou-se a etapa de repicagem. A repicagem consiste na retirada do excesso de mudas dos tubetes, deixando apenas a muda mais centralizada e vigorosa (Figura 4). As demais mudas foram replantadas em outros tubetes e acomodadas em local sombreado por 4 a 7 dias, mantendo turnos de rega mais frequentes, que visam impedir a desidratação da plântula até que o sistema radicular se

reestabelecesse, uma vez que o processo, na maioria das vezes, gera algum dano ou redução temporária no sistema radicular das plântulas.

Figura 4 - Processo de repicagem das plântulas



Nota: 1 - Plantas para repicagem, 2 - Umedecimento do substrato, 3 e 4 - Retirada da(s) planta(s) menos centralizada(s), mantendo o sistema radicular o mais íntegro possível; 5- Abertura de coveta para acomodação das raízes da planta repicada; 6 - As raízes são direcionadas para baixo, e a coveta é preenchida com substrato, cobrindo todo o sistema radicular, 7. A nova muda é irrigada e mantida em local sombreado por até 7 dias.

Fonte: Dados da pesquisa

Durante o período de crescimento e aclimação das mudas, foi realizado o manejo das plantas sobre as bancadas, visando fornecer as melhores condições de desenvolvimento para elas. Uma das estratégias adotadas consistiu em dispor as mudas de forma que fossem agrupadas em função do tamanho. A utilização desse método visou evitar, através da organização espacial das mudas, que as plantas maiores reduzissem a incidência de luz nas demais, não comprometendo o crescimento e rustificação das plantas menores.

### 3.3.1 Adubação de Crescimento

A adubação de crescimento tem objetivo de promover maior desenvolvimento e vigor das mudas, suprindo os nutrientes absorvidos ou lixiviados do substrato. As adubações de crescimento foram realizadas entre 30 a 60 dias, a partir da germinação das mudas, via regador, em frequência semanal (Tabela 6).

Tabela 6 - Adubação de crescimento utilizada – mistura de 200L

<b>PRODUTO</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>UNIDADE</b>
NITRATO DE CÁLCIO	100	gramas
MAP	26,8	gramas
CLORETO DE POTÁSSIO	7,6	gramas
SULFATO DE MAGNÉSIO	72	gramas
SULFATO DE AMÔNIO	20	gramas
* SOLUÇÃO DE MICRONUTRIENTES	858	mL
<b>* SOLUÇÃO DE MICRONUTRIENTES</b>		
SULFATO DE COBRE	60	gramas
SULFATO DE ZINCO	7	gramas
MOLIBIDATO DE SÓDIO	2	gramas
ÁGUA	10	litros

Fonte: Dados da pesquisa.

### 3.3.2 Adubação de Rustificação

Entre 70 a 90 dias, a adubação de crescimento foi substituída pela adubação de rustificação. Essa formulação, associada à redução gradual do tempo de irrigação diária das mudas, buscou fortalecer a planta e potencializar os mecanismos de resistência dela ao estresse hídrico. Desta forma, a muda tende a apresentar maior resistência e sobrevivência após plantio em campo.

Durante os 20 dias que antecedem a expedição para campo, a frequência da adubação passou a ser três vezes por semana. As adubações foram realizadas via regador, sempre após as 18 h (Tabela 7).

Tabela 7 - Adubação de rustificação utilizada – mistura de 200 L

<b>PRODUTO</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>UNIDADE</b>
	<b>E</b>	
SULFATO DE AMÔNIO	41	gramas
MAP	160	gramas
CLORETO DE CALCIO	220	gramas
CLORETO DE POTÁSSIO	236	gramas
SULFATO DE MAGNÉSIO	120	gramas
* SOLUÇÃO DE MICRONUTRIENTES	200	mL
<b>* SOLUÇÃO DE MICRONUTRIENTES</b>		
ÁCIDO BÓRICO	90	gramas
SULFATO DE COBRE	6	gramas
SULFATO DE ZINCO	2,5	gramas
MOLIBIDATO DE SÓDIO	1	gramas
ÁGUA	10	litros

Fonte: Dados da pesquisa.

### 3.4 Delineamento experimental e plantio dos testes

Foram selecionados três sites pertencentes às empresas participantes para a instalação dos testes. Todos os sites indicados apresentam histórico de déficit hídrico acentuado, chegando à morte de plantios comerciais anteriormente instalados (Tabela 8).

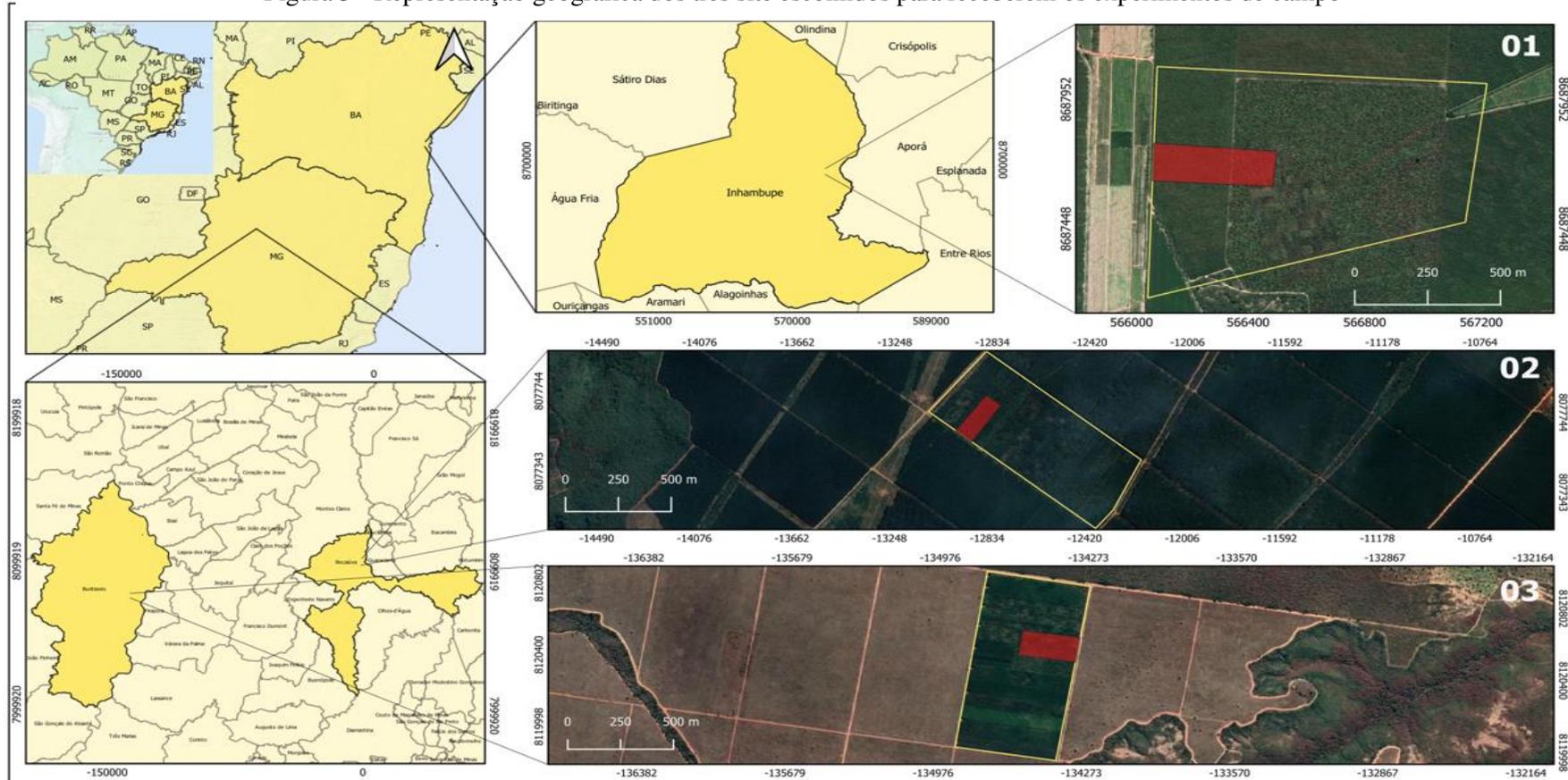
Os testes de progênies de *Eucalyptus* foram implantados nos Municípios de Buritizeiro, MG (16°54'50.6''S e 44°56'51.6''W), Inhambupe, BA (11°52'10.2''S e 38°23'21.3''W) e Bocaiúva, MG (17°19'44.8''S e 43°49'23''.2W). Eles foram instalados nos meses de fevereiro, março e abril do ano de 2019, contando com 214, 224 e 204 tratamentos (progênies), respectivamente. Para efeito comparativo, foram incluídas seis testemunhas comerciais de comportamento conhecido em todos os experimentos. As testemunhas foram os clones GG1980, GG1923, GG2673, I144, VM01 e AEC1528. O delineamento estatístico adotados em todos os sites foram blocos completos casualizados, contendo 20 repetições cada experimento, com parcela de árvore única/*single-tree-plot* (PPU/STP). O espaçamento adotado entre plantas foi de 3,5 m x 2,67 m. O preparo do talhão e adubação de base foram realizados seguindo-se os procedimentos operacionais padrões de cada empresa.

O primeiro site, localizado em Buritizeiro/MG, segundo a classificação de Köppen, apresenta clima do tipo Aw (tropical, com invernos secos), com temperatura média anual de 23,7°C e precipitação média anual média de 1126 mm.

O segundo site, localizado em Inhambupe-BA, segundo a classificação de Köppen, apresenta clima do tipo Aw (tropical, com invernos secos), com temperatura média anual de 23,5°C e precipitação média anual média de 905 mm.

Por sua vez, o terceiro site, localizado em Bocaiúva/MG, segundo a classificação de Köppen, apresenta clima do tipo Aw (tropical, com invernos secos), com temperatura média anual de 22,3°C e precipitação média anual média de 1058 mm.

Figura 5 - Representação geográfica dos três site escolhidos para receberem os experimentos de campo



#### Informações Adicionais

Sites Selecionados	Coordenadas		Sistema de Coordenadas	Sistema de Informação Geográfica - SIG
	X	Y		
Área 01 - Fazenda Salgado	566317.19	8687673.00	UTM 24 Sul Datum: SIRGAS 2000 EPSG: 31984	QGIS 3.16.1 - Hannover
Área 02 - Fazenda Corredor	625058.44	8083653.85		
Área 03 - Fazenda Fartura	505593.81	8130102.35		

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 8 - Informações dos sites de plantio dos experimentos

	Buritizeiro	Bocaiúva	Inhambupe
Número de tratamentos	214	224	204
Número de testemunhas	6	6	6
Coordenadas Geográficas	Latitude: 16°54'50.6"S Longitude: 44°56'51.6"W	Latitude: 17°19'44.8"S Longitude: 43°49'23.2"W	Latitude: 11°52'10.2"S Longitude: 38°23'21.3"W
Altitude (metros)	507	693	159
Fazenda	Fartura	Corredor	Salgado
Ocupação Anterior	Plantio de <i>Eucalyptus</i> (Área de reforma)	Plantio de <i>Eucalyptus</i> (Área de reforma)	Plantio de <i>Eucalyptus</i> (Área de reforma)
Tipo de Solo	Argissolo vermelho (Textura Média)	Latossolo vermelho, distrófico típico, textura muito argilosa	Argissolo amarelo distrófico coeso
Temperatura Média (°C)	23,7	22,3	23,5
Risco de Ocorrência de Seca	Alta	Alta	Alta
Pluviosidade histórica (mm)	1126	1058	905
Média pluviométrica dos últimos 5 anos (mm)	725	767	700
Menor pluviosidade dos últimos 5 anos	2015 – 511 mm	2017 - 396 mm	2017 - 621 mm

Fonte: Dados da pesquisa.

### 3.5 Coleta de dados

As avaliações de sobrevivência e as mensurações do diâmetro à altura do peito (DAP, 1,30 m do solo), altura total (m), das plantas foram realizadas aos seis meses de idade.

Para a coleta em campo, foi utilizada fita métrica para mensuração da CAP e vara graduada para mensuração da altura total.

Para a conversão do CAP para DAP foi utilizada a fórmula  $DAP = CAP / \pi$ .

A variável volume individual (VOL m<sup>3</sup>/árvore) foi obtida com a Equação 1, fórmula do volume do cilindro ( $\pi \times DAP^2 / 40000 \times Ht$ ) em m<sup>3</sup> multiplicado por um fator de forma médio “f”.

$$\text{Equação 1: } Vol = DAP^2 / 40000 * Ht * 0,45$$

A partir do volume individual, foi estimado o incremento médio anual do experimento aos 12 meses (IMA1) utilizando-se a Equação 2.

$$\text{Equação 2: } IMA1 = vol * 1111 * 2$$

### 3.6 Análises genéticas

Todas as análises genéticas foram realizadas no *software* Selegen REML/BLUP (RESENDE, 2016), segundo os modelos descritos a seguir.

#### 3.6.1 Análise em cada site

Para análise dos testes de progênies de irmãos germanos em cada site o seguinte modelo foi utilizado:  $y = Zg + Wp + e$ , em que  $y$  é o vetor de dados,  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos individuais (assumidos como aleatórios),  $p$  é o vetor dos efeitos de blocos (assumidos como aleatórios),  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Os clones testemunhas inseridos no teste de progênies foram analisados separadamente segundo o modelo:  $y = Zg + Wp + e$ , em que  $y$  é o vetor de dados,  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios),  $p$  é o vetor dos efeitos de bloco (assumidos como aleatórios),  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

#### 3.6.2 Análise conjunta

A análise dos três sites em conjunto foi realizada segundo o modelo:  $y = Zg + Wp + Ti + e$ , em que  $y$  é o vetor de dados,  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos individuais (assumidos como aleatórios),  $p$  é o vetor dos efeitos de blocos (assumidos como aleatórios),  $i$  é vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios) e  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Os clones testemunhas inseridos no teste de progênies foram analisados separadamente segundo o modelo:  $y = Xr + Zg + Wi + e$ , em que  $y$  é o vetor de dados,  $r$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral,  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios),  $i$  é vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios) e  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estimativa de parâmetros genéticos por site e em análise conjunta

As estimativas de herdabilidades individuais no sentido restrito variaram de 0 a 0,26 para os parâmetros DAP, IMA1 e SOBREVIVÊNCIA (Tabela 9).

Constatamos que no site em Buritizeiro-MG foram observados os maiores valores de herdabilidade para todos os parâmetros avaliados (Tabela 10).

Dessa forma, considerados os valores de herdabilidade dos testes, o site de Buritizeiro-MG é o local mais adequado para se praticar a seleção precoce aos 6 meses de idade, permitindo maiores ganhos de seleção e maior diferenciação entre os genótipos. Valores de herdabilidade variando de 0,01 até 0,15 são baixos, de 0,15 até 0,50 são medianos e superiores a 0,50 são altos (Resende, 2002). A estimativa de herdabilidade individual no sentido restrito foram medianas para os parâmetros DAP e IMA1 em Buritizeiro-MG, e baixa em todos os outros parâmetros e sites. Os valores de herdabilidade ( $h^2_{mp}$ ) variaram entre 0,19 e 0,98, indicando herdabilidades moderadas e altas.

Apesar do site de Buritizeiros se mostrar adequado à seleção precoce aos seis meses de plantio, segundo MASSARO (2010), em testes *Eucalyptus* spp, onde analisam se os parâmetros de altura, DAP e volume individual de madeira, recomenda-se a seleção precoce aos dois anos de idade. Essa recomendação é feita, quando atinge valores altos de herdabilidade, que por sua vez, não é um valor fixo pois é uma razão entre as variâncias, logo altera de acordo com a espécie, idade e condições ambientais (ZOBEL; TALBERT, 1984). É por meio dela que indica a proporção da variação fenotípica total, possibilitando mensurar a eficiência da seleção (BERTII, 2011).

A acurácia é um parâmetro genético muito importante, que possibilita estimar a qualidade experimental do teste. As acurácias dos valores genéticos preditos variaram de 0,20, em Inhambupe-BA, até 0,86, em Buritizeiro-MG. Valores recomendados por Resende e Duarte (2007) indicam que a acurácia deve estar acima de 0,70 para prosseguimento dos ciclos seletivos, e acima de 0,90 para recomendação final de cultivares.

Tabela 9 - Estimativas de parâmetros genéticos (reml individual), para os caracteres diâmetro à altura do peito (dap), ima1 (m3/ha.ano), e sobrevivência.

PARÂMETRO	BURITIZEIRO			INHAMBUPE			BOCAIÚVA			ANÁLISE CONJUNTA		
	DAP	IMA1	SOBREV.	DAP	IMA1	SOBREV.	DAP	IMA1	SOBREV.	DAP	IMA1	SOBREV.
$h^2_a$	0,26	0,21	0,04	0,01	0,01	~0,0	0,06	0,10	0,01	~0,0	~0,0	~0,0
$h^2_{mp}$	0,60	0,51	0,98	0,19	0,21	0,85	0,52	0,60	0,92	-	-	-
$h^2_{ad}$	0,17	0,13	0,02	~0,0	~0,0	~0,0	0,03	0,06	0,01	~0,0	~0,0	~0,0
$Ac_{prog}$	0,83	0,86	0,52	0,20	0,21	0,20	0,62	0,71	0,32	0,15	0,13	0,21
$c^2_{bloc}$	0,09	0,10	~0,0	0,01	0,01	~0,0	0,03	0,03	~0,0	0,30	0,31	0,01
$c^2_{int}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,01	0,01
$rg_{loc}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,08	0,29
Média Geral	1,64	0,79	0,97	3,02	3,41	0,93	2,59	1,51	0,98	2,42	1,89	0,96

Fonte: Dados da pesquisa.

Sendo os parâmetros:  $h^2_a$ : coeficiente de herdabilidade individual no sentido restrito;  $h^2_{ad}$ : herdabilidade ajustada da média de genótipo;  $Ac_{prog}$ : acurácia da seleção de genótipos;  $c^2_{bloc}$ : coeficiente de determinação dos efeitos de bloco;  $c^2_{int}$ : coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo x ambiente;  $rg_{loc}$ : correlação genotípica entre os ambientes; Média geral do experimento.

Em relação à variabilidade dos blocos ( $c2bloc$ ), observamos que os valores de  $c2bloc$  não apresentaram diferenças significativas em relação à herdabilidade ( $h2a$ ), no site Inhambupe, indicando que existe variabilidade no site e que, aos 6 meses de idade do teste, os efeitos genéticos estão mascarados pelos efeitos do ambiente, sendo a variabilidade local maior do que a variabilidade genética. Para os outros sites, a herdabilidade se sobressaiu à variabilidade local ( $h2a > c2bloc$ ).

A correlação genética entre locais ( $Rgloc$ ) apresentou valores abaixo de 0,70, demonstrando que os materiais não apresentaram desempenhos semelhantes nos três ambientes, quando avaliados aos 6 meses. Concluímos que, para os materiais do teste, uma recomendação generalizada de clones advindos de seleção precoce aos 6 meses, para os locais avaliados, não é indicada. Quanto maior for  $Rgloc$ , menor será a interação  $G \times A$ .

Constatamos altos valores de sobrevivência nos 3 sites, tendo as médias gerais para este parâmetro variando entre 93% e 97%. Os estudos, para serem efetivos, precisam do sucesso dos indivíduos em campo, garantindo que as avaliações sejam realizadas e analisadas. Em Formento (2014), a taxa de sobrevivência de 5 clones de eucalipto teve uma média de 96,68% em inventário de 1 ano de plantio, sendo a menor taxa observada em relação às demais idades. Esse resultado evidencia que os valores de sobrevivência observados nos testes analisados neste trabalho são semelhantes aos observados em outros trabalhos da literatura, análise que favorece o andamento dos testes, visto que o período inicial de adaptação é o momento mais crítico do plantio.

Em relação à média geral do teste, os maiores valores de produtividade IMA1 foram observados no site de Inhambupe-BA, e o menor valor constatado no site em Buritizeiro-MG. Em contrapartida, em Buritizeiro foram registradas as maiores herdabilidades e variabilidades genéticas.

## 4.2 Seleção de famílias para o parâmetro IMA1

Avaliando-se os valores de ganho de seleção para as 20 primeiras famílias do ranking, os resultados foram variáveis para cada um dos sites (Tabela 9).

Em Buritizeiro os ganhos variaram de 0,38% a 19,98% quando comparados ao desempenho da melhor testemunha do site, que foi o clone GG1980 (Tabela 10).

Para o site de Inhambupe os ganhos estimados foram negativos, pois nenhuma família híbrida apresentou média superior à melhor testemunha do teste, que foi o clone VM1 aos 6 meses de idade. Este resultado está de acordo com o estudo relacionado à biometria de genótipos de eucaliptos (EMBRAPA, 2019), onde os autores sugeriram que o clone VM1 apresenta maior eficiência de uso de recursos em situações de competição ou limitação dos mesmos. Gomes (1994) e Lelles (1995) verificaram em condições de campo, em região de cerrado, plantas de *E. camaldulensis* apresentando sistema radicular mais profundo do que *E. urophylla* e *E. pellita*. Reis e Hall (1987) observaram que plantas de *E. camaldulensis*, em condições de campo, apresentaram tolerância à desidratação, em razão da redução na área foliar das plantas e do aumento na absorção de água pelas raízes, em maiores profundidades do solo. Assim, por ser um híbrido de *E. camaldulensis*, o clone VM1 pode ter expressado a característica de bom desenvolvimento do sistema radicular e reduzida área foliar, favorecendo o bom desempenho das plantas no experimento.

No site de Bocaiúva apenas o cruzamento VM4 x VT 4 ((*E. urophylla* HE) x (*E. urophylla* x *E. grandis*)) apresentou ganho, embora baixo, sobre a melhor testemunha (1,26%). A testemunha de melhor desempenho no site foi o clone GG1980, assim como no site em Buritizeiro-MG.

Os cruzamentos que mais se destacaram foram GG2034 x GG4386 ((*E. grandis* HE) x (*E. pellita* x *E. brassiana*)) em Buritizeiro, GG918 x VS02 ((*E. camaldulensis*) x (*E. camaldulensis*)) em Inhambupe e VM4 x VS02 (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*) em Bocaiúva.

Analisando-se o ranking geral, o clone VM4 (*E. urophylla* HE) apresenta notável desempenho, participando da composição de híbridos que ocupam as posições 1, 2 e 3, nos sites de Bocaiúva, Buritizeiro e Inhambupe, respectivamente. Na análise conjunta dos sites a família que apresentou maior ganho foi VM4 x VS02 (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*), cruzamento que também possui o VM4 como genitor feminino. Em estudos realizados por Segtowich (2020), foi demonstrado que o *E. urophylla* apresenta uma grande eficiência no uso da água em relação a outras espécies, que reflete diretamente na alocação de carbono e no baixo

impacto no balanço hídrico. Dessa forma, o clone VM4 apresenta bom potencial de contribuição em híbridos multiespécies, conferindo essas características associadas ao *E. urophylla* aos seus descendentes.

Considerando as 20 primeiras famílias do ranking de cada site, apenas os cruzamentos GG1883 x GG4302 (*E. urophylla* x *E. brassiana*), GG2034 x GG4386 ((*E. grandis* HE) x (*E. pellita* x *E. brassiana*)), GG2759 x GG4302 (*E. urophylla* x *E. brassiana*), GG2759 x GG4304 ((*E. urophylla*) x (*E. urophylla* x *E. tereticornis*)) e VM4 x VS02 (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*) foram ranqueados em dois sites. Nenhum cruzamento foi ranqueado entre os 20 primeiros nos 3 sites. Em relação aos clones genitores, os clones AEC2034 ((*E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*))) e GG2759 (*E. urophylla*) foram os genitores mais frequentes no ranking, ambos participando de 7 cruzamentos. Os clones GG1883 (*E. urophylla*), GG2034 (*E. grandis* HE) e GG918 (*E. camaldulensis*) também se destacaram, participando de 6 cruzamentos entre os 30 ranqueados.

Concluindo, as famílias que apresentaram ganhos sobre as testemunhas merecem especial atenção nas etapas de melhoramento que se sucederão, tornando-se interessante a realização de hibridação entre os mesmos cruzamentos para geração de novas sementes híbridas que permitam ampliar a representação genética destas progênes em campo. Visto que a média genética das progênes considera dados de vários indivíduos, os cruzamentos onde se observaram ganhos sobre as testemunhas apresentaram notável desempenho ao se sobressaírem sobre clones comerciais amplamente testados e plantados no Brasil.

Tabela 10 - Seleção de famílias para o caráter imal por site e em análise conjunta, e ganho em relação a melhor testemunha

ORDEM	BURITIZEIRO			INHAMBUPE			BOCAIÚVA			ANÁLISE CONJUNTA		
	FAMÍLIA	u+g	GANHO* (%)	FAMÍLIA	u+g	GANHO* (%)	FAMÍLIA	u+g	GANHO* (%)	FAMÍLIA	u+g	GANHO** (%)
1	GG2034xGG4386	1,38	19,98	GG918xVS02	3,48	-13,48	VM4xVT4	2,21	1,26	VM4xVS02	1,91	1,37
2	VM4xCAM	1,36	18,19	GG1883xGG3633	3,48	-13,57	AEC2034xCAM	2,15	-1,36	GG918xVS02	1,91	1,30
3	AEC2034xLR831	1,28	11,58	VM4xVS02	3,47	-13,68	VM4XVS02	2,13	-2,70	AEC2034xLR831	1,91	1,25
4	GG918xGG4302	1,27	10,79	GG4383xGG4383	3,47	-13,88	CNB16xCNB16	2,04	-6,48	GG2759xCNB16	1,91	1,24
5	AEC2034xLR830	1,26	9,86	AEC3000xCNB16	3,46	-14,03	AEC2034xTER	2,03	-6,83	VM4xVM7	1,91	1,11
6	GG1883xGG4304	1,23	6,97	GG2759xCNB16	3,46	-14,04	GG4304xVM1	2,03	-7,02	CNB16xBRA	1,91	1,07
7	GG682xGG4302	1,21	5,53	VM1xCAM	3,46	-14,04	CNB16xBRA	1,97	-9,63	AEC3000XVS02	1,91	1,06
8	GG2759xGG4302	1,21	5,12	GG2759xVS02	3,46	-14,04	VM7xLON	1,97	-9,71	AEC2034xVCC2880	1,91	1,03
9	GG682xGG4383	1,19	3,88	GG1883xGG4386	3,46	-14,05	GG682xAEC2034	1,96	-10,03	AEC2034xVM1	1,90	1,00
10	GG918xVT4	1,18	2,37	GG918xCNB16	3,46	-14,11	GG2034xAEC2197	1,95	-10,60	AEC3000xCNB16	1,90	0,99
11	AEC3000xVM1	1,17	2,13	GG1883xGG4302	3,45	-14,19	CNB16xCAM	1,90	-13,22	GG682xVS62	1,90	0,95
12	VM1xVT4	1,17	1,66	AEC3000xVM4	3,45	-14,19	AEC2034xRES	1,87	-14,41	GG2759xGG4383	1,90	0,95
13	GG3389xGG4304	1,16	0,96	GG2034xGG4386	3,45	-14,19	CNB16xVT4	1,85	-15,13	VM4xVT4	1,90	0,95
14	GG682xGG4386	1,15	0,38	VM1xRES	3,45	-14,30	GG2759xGG4302	1,83	-16,16	GG1883xGG4302	1,90	0,91
15	GG1883xGG4302	1,15	-0,20	GG2759xGG4383	3,45	-14,33	AEC3000xTER	1,82	-16,81	GG3633xPEL	1,90	0,90
16	GG3389xGG4383	1,13	-1,29	GG2034xCNB16	3,45	-14,33	GG918xVCC2880	1,80	-17,57	GG918xCNB16	1,90	0,85
17	AEC2034xVM1	1,12	-2,16	GG4383xGG4386	3,45	-14,34	GG2034xGG2759	1,80	-17,75	GG2759xVS02	1,90	0,85
18	GG2034xGG4302	1,12	-2,54	VM7xVS62	3,45	-14,36	VM7xVT4	1,80	-17,78	CNB16xCNB16	1,90	0,84
19	VM1xVS02	1,12	-2,84	AEC2034xVCC2880	3,45	-14,38	GG2759xGG4304	1,78	-18,35	GG918xAEC30000	1,90	0,84
20	GG918xPEL	1,07	-6,72	GG2759xGG4304	3,45	-14,38	GG1883xBRA	1,77	-18,78	GG2759xGG3389	1,90	0,84

Fonte: Dados da pesquisa

Sendo: u+g valores genotípicos preditos livres de interação; \*Ganho em relação à melhor testemunha do teste; \*\*Ganho em relação à média geral do teste, analisado de forma conjunta para os 3 sites.

Tabela 11 - Desempenho das testemunhas nos experimentos, por site

ORDEM	BURITIZEIRO		INHAMBUPE		BOCAIÚVA	
	TESTEMUNH A	u+g	TESTEMUNHA	u+g	TESTEMUNHA	u+g
1	GG1980	1,15	VM1	4,03	GG1980	2,18
2	GG2673	0,93	I144	3,28	VM1	1,65
3	GG1923	0,92	GG2673	3,16	GG2673	1,59
4	VM1	0,62	AEC1528	2,66	GG1923	1,40
5	AEC1528	0,49	GG1980	2,58	I144	1,29
6	I144	0,43	GG1923	2,51	AEC1528	1,23

Fonte: Dados da pesquisa.

### 4.3 Seleção de potenciais genitores para o caráter IMA1

Analisando-se o ganho de potenciais genitores em relação à média de cada site, novamente percebemos os maiores valores percentuais no site de Buritizeiro, evidenciando-se a existência de maior variabilidade genética neste site. Para os 20 primeiros potenciais genitores do site, os ganhos variaram de 89,6% a 127,2%, quando comparados à média do experimento. Considerando-se o potencial apresentado pelos indivíduos ranqueados, recomenda-se o resgate de propágulos dos principais materiais para que sejam introduzidos em pomares de recombinação. Também para manejo de formação de matrizes onde serão realizados novos cruzamentos controlados, dando-se sequência ao ciclo de melhoramento e seleção recorrente. No site Buritizeiro, o indivíduo que mais sobressaiu em relação à média pertence à família AEC2034 x LR831 ((*E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*)) x (*E. longirostrata*)), na repetição 5, apresentando ganhos de 127,2%. Para seleção precoce de genitores aos 6 meses de idade, o site Buritizeiro se mostrou o local mais adequado entre os ambientes testados.

Para o site em Inhambupe, os ganhos em seleção de genitores aos 6 meses de idade variaram de 2,3% a 2,9%, sendo o indivíduo da repetição 4 e da família GG918 x VS02 (*E. camaldulensis* x *E. camaldulensis*) aquele que mais se destacou. Em estudos realizados por Reis (2006) também em Inhambupe-BA, concluiu-se que o bom desempenho do *E. camaldulensis* em situações de restrição hídrica, se deve principalmente ao seu amplo sistema radicular (arquitetura e biomassa) e habilidade de recompor sua biomassa total, principalmente a sua área foliar. Em cenários de escassez de água, essas características podem constituir uma estratégia eficiente na sobrevivência das plantas, favorecendo a absorção de água e nutrientes. Sendo o cruzamento GG918 x VS02 uma combinação de clones de *E. camaldulensis*, o potencial dessa espécie para regiões secas pode ter contribuído para o excelente desempenho dos indivíduos desta progênie nas avaliações.

No site Bocaiúva, entre os 20 primeiros indivíduos ranqueados foram observados ganhos na ordem de 48,2% a 60,4%, indicando bom potencial de ganho na introdução destes

materiais no ciclo de seleção recorrente e também em um programa de clonagem individual. O material que mais se destacou pertence à família GG4304xVM1 ((*E. urophylla* x *E. tereticornis*) x (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*)), apresentando ganho de 60,4% em relação à média do site.

Visto que todos os sites onde foram implantados os testes clonais - Bocaiúva, Buritizeiro e Inhambuê - são regiões caracterizadas pelo déficit hídrico, os indivíduos que se destacam podem ser considerados tolerantes à seca. Segundo REIS (2018) o *E. camaldulensis* ocorre originalmente em ambiente de clima deserto, temperado, equatorial e subtropical, se adaptando a uma precipitação mínima de até 150 mm e uma temperatura máxima de até 39°C, justificando o fato dessa espécie estar presente em todos os cruzamentos híbridos de destaque.

A espécie *E. urophylla*, apesar de ser considerada susceptível a danos devido à restrição de água, aparece nos híbridos melhores pontuados, isso se deve a ser uma espécie que agrega genes resistente à pragas, possui um bom comportamento em viveiro considerando os altos índices de enraizamento (FERREIRA, 2004; PEDROSO, 2016) e apresentar alta estabilidade fenotípica (PUPIN, 2014).

O *E. grandis* se destaca desde o início da introdução das espécies de eucalipto no Brasil, com elevada produtividade, sendo amplamente estudada. *E. longirostrata* e *E. tereticornis* apesar inseridas mais recentemente nos programas de melhoramento, já demonstram muito potencial.

Tabela 12 - Seleção de potenciais genitores por site e em análise conjunta, e ganho em relação à média do teste para o caráter IMA1

BURITIZEIRO					INHAMBUPE				BOCAIÚVA				ANÁLISE CONJUNTA			
ORDEM	FAMÍLIA	REP	u+a	GANHO (%)	FAMÍLIA	REP	u+a	GANHO (%)	FAMÍLIA	REP	u+a	GANHO (%)	FAMÍLIA	REP	SITE	GANHO* (%)
1	AEC2034xLR831	5	1,79	127,2	GG918xVS02	4	3,51	2,9	GG4304xVM1	5	2,43	60,4	GG918xVS02	4	Inhambupe	6,6
2	AEC2034xLR830	5	1,77	124,2	GG918xVS02	12	3,50	2,8	VM4xVT4	2	2,42	60,0	GG918xVS02	12	Inhambupe	6,5
3	GG2034xGG4386	6	1,70	115,6	GG918xVS02	7	3,50	2,7	VM4xVT4	18	2,41	59,3	GG2034xCNB16	10	Inhambupe	6,5
4	GG2034xGG4386	5	1,70	115,0	GG1883xGG3633	5	3,50	2,6	VM4xVT4	20	2,40	58,9	GG1883xGG3633	4	Inhambupe	6,5
5	GG1883xGG4304	7	1,67	111,7	GG1883xGG3633	13	3,50	2,6	VM4xVT4	7	2,38	57,4	VT4xVT4	6	Inhambupe	6,4
6	GG2034xGG4386	8	1,67	111,0	GG1883xGG3633	2	3,50	2,6	VM4xVT4	9	2,38	57,1	GG1883xGG3633	12	Inhambupe	6,4
7	VM4xCAM	9	1,60	102,3	GG918xVS02	2	3,49	2,5	AEC2034xCAM	13	2,37	56,7	GG1883xGG3633	1	Inhambupe	6,2
8	GG918xGG4302	20	1,56	97,9	GG918xVS02	16	3,49	2,5	AEC2034xCAM	17	2,35	55,3	GG918xVS02	7	Inhambupe	6,2
9	GG2034xGG4386	1	1,55	96,6	GG918xVS02	14	3,49	2,5	VM4xVT4	13	2,35	55,2	GG4383xGG4383	9	Inhambupe	6,2
10	VM4xCAM	2	1,55	96,2	VM4xVS02	1	3,49	2,5	VM4xVT4	15	2,34	54,5	GG4383xGG4383	8	Inhambupe	6,2
11	GG682xGG4383	9	1,55	96,0	GG4383xGG4383	10	3,49	2,4	AEC2034xCAM	14	2,32	53,1	VM1xLON	6	Bocaiúva	5,9
12	AEC2034xVM1	1	1,53	94,3	GG4383xGG4383	9	3,49	2,4	AEC2034xCAM	16	2,30	52,3	AEC2034xVCC2880	7	Inhambupe	5,9
13	VM4xCAM	18	1,52	93,1	VM4xVS02	9	3,49	2,4	VM4xVT4	10	2,30	52,2	VT4xVT4	18	Inhambupe	5,9
14	GG682xGG4386	2	1,52	92,4	GG918xVS02	15	3,49	2,4	VM4xVT4	14	2,27	50,3	AEC3000xTER	2	Bocaiúva	5,8
15	VM4xCAM	5	1,51	91,3	GG1883xGG3633	4	3,49	2,4	AEC2034xCAM	1	2,27	49,9	GG918xVS02	16	Inhambupe	5,8
16	AEC2034xLR831	1	1,51	91,2	GG1883xGG3633	20	3,49	2,4	VM4xVS2	1	2,26	49,5	GG682xGG4386	20	Buritizeiro	5,8
17	GG2034xGG4386	10	1,51	90,9	AEC30000xCNB16	4	3,49	2,3	VM4xVS2	7	2,26	49,1	GG918xVS02	2	Inhambupe	5,8
18	VM4xCAM	14	1,50	90,5	VM4xVS02	4	3,49	2,3	VM4xVS2	5	2,25	48,5	GG2034xCNB16	9	Inhambupe	5,8
19	AEC3000xVM1	11	1,50	90,1	GG1883xGG3633	17	3,49	2,3	VM4xVS2	8	2,24	48,3	AEC3000xTER	3	Bocaiúva	5,8
20	GG918xGG4302	15	1,50	89,6	VM4xVS02	16	3,49	2,3	VM4xVS2	4	2,24	48,2	GG1883xGG3633	19	Inhambupe	5,7

Fonte: Dados da pesquisa.

#### 4.4 Seleção de potenciais clones para o caráter IMA1

Para o site de Buritizeiro, a seleção de potenciais clones apresentou ganhos entre 97,9% e 153,1% para os 20 primeiros indivíduos do ranking, quando comparados à média do teste. Novamente se observa os maiores ganhos de seleção no site que apresentou maior herdabilidade, ou seja, site Buritizeiro. O indivíduo que mais se destacou pertence a família AEC2034 x LR831, sendo um cruzamento entre (*E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*)) x (*E. longirostrata*). Este material apresentou o maior ganho entre todos os testes, de 153,1%. Estes valores indicam que o potencial de resgate deste indivíduo, que, realizando-se a seleção ultraprecoce aos 6 meses de idade, deve ser resgatado e introduzido em minijardim clonal e propagado vegetativamente para produção de clones para os testes clonais e testes clonais ampliados. Em Buritizeiro, a família que mais apareceu entre os 20 primeiros do ranking foi VM4 (*E. urophylla* HE) x *E. camaldulensis*, representando 25% dos materiais ranqueados.

No site Inhambupe, os ganhos para os 20 melhores materiais do local variaram entre 2,5% e 3,1%, apresentando os menores valores de ganho analisando-se os 3 sites. Os 3 primeiros indivíduos do ranking pertencem à mesma família (GG918xVS02) e tiveram estimativas de ganho aproximadas entre si (3,1%, 3,1% e 2,9%, respectivamente). A família GG918xVS02 é um cruzamento entre clones puros de *E. camaldulensis* x *E. camaldulensis*. Neste site, a família que teve mais indivíduos ranqueados foi GG918 x VS02, representando 30% dos materiais listados.

Para o site de Bocaiúva, os ganhos em seleção de potenciais clones foram expressivos, quando comparados a média do teste. No ranking dos 20 melhores indivíduos, os valores variaram de 21,7% a 70,9%. O material que mais se destacou pertence à família GG4304 x VM1, sendo um híbrido entre (*E. urophylla* x *E. tereticornis*) x (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*). Neste site, a família VM4 x VT4 (*E. urophylla* HE x (*E. urophylla* x *E. grandis*)) representa 45% do ranking dos melhores indivíduos para potenciais clones.

Na análise conjunta dos sites, indivíduos do site de Inhambupe apresentaram as melhores estimativas de ganho em relação à média dos testes. Os valores de ganho para os 20 primeiros ranqueados variaram entre 6,1% e 7,3%. O melhor indivíduo das análises conjuntas foi também o melhor indivíduo para o site de Inhambupe. Entre os 20 primeiros do ranking, 18 materiais estão no site Inhambupe, e 2 no site Bocaiúva.

Tabela 13 - Seleção de potenciais clones por site e em análise conjunta, e ganho em relação à média dos testes

ORDEM	BURITIZEIRO				INHAMBUPE				BOCAIÚVA				ANÁLISE CONJUNTA			
	FAMÍLIA	REP	u+a	GANHO (%)	FAMÍLIA	REP	u+a	GANHO (%)	FAMÍLIA	REP	u+a	GANHO (%)	FAMÍLIA	u+g	GANHO*	
1	AEC2034xLR831	5	2,00	153,1	GG918xVS02	4	3,51	3,1	GG4304xVM1	5	2,59	70,9	GG918xVS02	4	Inhambupe	7,3
2	AEC2034xLR830	5	1,97	149,9	GG918xVS02	12	3,51	3,1	VM4xVT4	2	2,50	65,5	GG918xVS02	12	Inhambupe	7,2
3	GG1883xGG4304	7	1,85	134,1	GG918xVS02	7	3,51	2,9	VM4xVT4	18	2,49	64,6	GG2034xCNB16	10	Inhambupe	7,2
4	GG2034xGG4386	6	1,83	131,9	GG1883xGG3633	5	3,50	2,8	VM4xVT4	20	2,48	63,9	GG1883xGG3633	4	Inhambupe	7,0
5	GG2034xGG4386	5	1,82	131,2	GG1883xGG3633	13	3,50	2,8	AEC2034xCAM	13	2,46	62,4	GG4383xGG4383	9	Inhambupe	6,9
6	GG2034xGG4386	8	1,78	125,6	GG1883xGG3633	2	3,50	2,7	VM4xVT4	7	2,45	61,9	VT4xVT4	6	Inhambupe	6,9
7	AEC2034xVM1	1	1,70	115,1	GG918xVS02	2	3,50	2,7	VM4xVT4	9	2,44	61,4	GG1883xGG3633	12	Inhambupe	6,9
8	VM4xCAM	9	1,69	114,4	AEC3000xCNB16	4	3,50	2,7	AEC2034xCAM	17	2,43	60,5	GG4383xGG4383	8	Inhambupe	6,9
9	GG682xGG4383	9	1,69	113,9	GG4383xGG4383	10	3,50	2,7	VM4xVT4	13	2,40	58,8	GG918xVS02	7	Inhambupe	6,7
10	GG918xGG4302	20	1,68	112,6	VM4xVS02	1	3,50	2,7	VM4xVT4	15	2,39	57,8	GG1883xGG3633	1	Inhambupe	6,7
11	GG682xGG4386	2	1,67	111,0	GG4383xGG4383	9	3,50	2,7	AEC2034xCAM	14	2,38	57,3	AEC2034xVCC2880	7	Inhambupe	6,5
12	AEC3000xVM1	11	1,63	106,7	GG918xVS02	16	3,50	2,7	AEC2034xCAM	16	2,36	56,3	GG2034xCNB16	6	Bocaiúva	6,4
13	VM4xCAM	2	1,63	105,9	VM1xCAM	12	3,50	2,6	VM4xVT4	10	2,34	54,6	AEC2034xVCC2880	18	Inhambupe	6,2
14	GG2034xGG4386	1	1,62	105,4	GG918xVS02	14	3,50	2,6	GG682xAEC2034	6	2,33	54,0	VT4xVT4	18	Inhambupe	6,2
15	AEC2034xLR831	1	1,60	102,7	VM4xVS02	9	3,50	2,6	AEC2034xTER	5	2,32	53,6	VM4xVS02	13	Inhambupe	6,2
16	VM4xCAM	18	1,59	101,5	VM4xVS02	4	3,49	2,5	VM4xVS2	1	2,32	53,1	AEC2034xVCC2880	14	Inhambupe	6,2
17	GG918xGG4302	15	1,59	100,9	VM4xVS02	16	3,49	2,5	AEC2034xCAM	1	2,31	53,0	GG2034xCNB16	9	Inhambupe	6,1
18	AEC2034xLR831	4	1,57	99,0	VM4xVS02	17	3,49	2,5	VM4xVS2	7	2,31	52,5	GG918xVS02	16	Inhambupe	6,1
19	VM4xCAM	5	1,57	99,0	GG1883xGG3633	4	3,49	2,5	VM4xVT4	14	2,30	52,0	GG918xVS02	2	Inhambupe	6,1
20	VM4xCAM	14	1,56	97,9	GG1883xGG3633	20	3,49	2,5	VM4xVS2	5	2,30	51,7	VT4xVT4	2	Bocaiúva	6,1

Fonte: Dados da pesquisa.

#### 4.5 Desempenho das espécies e híbridos nos diferentes sites, em seleção de progênies para o caráter IMA1

Considerando-se os 233 cruzamentos avaliados neste estudo, quando agrupados pela composição de espécies da família (genitor feminino + genitor masculino), foram avaliados, ao total, 105 combinações híbridas entre espécies.

A composição de espécies dos cruzamentos classificados nas primeiras 30 posições de cada site foi avaliada, e os resultados apresentados na Tabela 14. Observa-se que apenas 4 composições de espécies foram classificadas nos 3 sites entre as 30 melhores famílias.

O cruzamento de maior destaque foi *E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*, compondo 6,7% dos materiais ranqueados em Buritizeiro, e 10% dos materiais nos sites Inhambupe e Bocaiúva. Esta combinação de espécies genitoras representa 10 famílias do teste, sendo elas VM4xVS02 (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*), CNB16xCAM (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*), GG3389xAEC3000 (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*), GG3389xGG3633 (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*), GG3389xVS62 (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*), VM4XCAM (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*), VM7xVS02 (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*), VM7XCAM (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*), VM7xVS62 (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*) e GG3389xVS02 (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*). A capacidade de tolerância do *E. camaldulensis* a condições de déficit hídrico já foi relatada por diversos autores, como Pereira e Kozlowsky (1976), Awe *et al.* (1976) e Martins (2002). Já o *E. urophylla* apresenta capacidade de tolerância a seca mediana, porém ótima eficiência no uso da água e no processo de alocação de carbono (SEGTOVICH, 2020). Os resultados indicam que os híbridos entre essas espécies apresentaram as melhores produtividades do teste, provavelmente pela associação entre as características conferidas pelos seus genitores.

A Tabela 14 apresenta os dados de participação de espécies na composição dos 30 cruzamentos mais bem ranqueados. Ao passo que a composição dos materiais variou de: 6% foi resultado de cruzamentos com uma única espécie, 34% composto por 2 espécies, 30% composta pela combinação entre 3 espécies, 20% composto por 4 espécies, e 10% composto por 5 ou mais espécies (Tabela 15).

Tabela 14 - Presença das espécies nas combinações de melhor desempenho descritas na Tabela 15

<b>Espécies</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
<i>(E. urophylla)</i>	24	80,0
<i>(E. camaldulensis)</i>	16	53,3
<i>(E. grandis)</i>	14	46,7
<i>(E. brassiana)</i>	12	40,0
<i>(E. pellita)</i>	8	26,7
<i>(E. tereticornis)</i>	6	20,0
<i>(E. longirostrata)</i>	1	3,3

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 15 - Participação das combinações de espécies entre as 30 primeiras famílias selecionadas em cada site para IMA1

NUM.	ESPÉCIES	BURITIZEIRO	INHAMBUPE	BOCAIÚVA
1	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. camaldulensis</i> )	6,7%	10,0%	10,0%
2	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )	6,7%	3,3%	6,7%
3	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )	3,3%	3,3%	3,3%
4	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )	3,3%	3,3%	3,3%
5	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )	3,3%	6,7%	-
6	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. longirostrata</i> )	6,7%	3,3%	-
7	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)	-	6,7%	3,3%
8	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )	3,3%	-	3,3%
9	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )	3,3%	3,3%	-
10	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )	3,3%	3,3%	-
11	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. brassiana</i> )	-	3,3%	3,3%
12	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. tereticornis</i> )	3,3%	-	3,3%
13	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )	3,3%	3,3%	-
14	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)	-	10,0%	-
15	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )	-	-	10,0%
16	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> HE)	-	-	6,7%
17	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )	-	6,7%	-
18	( <i>E. urophylla</i> HE) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )	3,3%	-	-
19	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. brassiana</i> )	3,3%	-	-
20	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )	3,3%	-	-
21	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )	-	3,3%	-
22	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )	-	-	3,3%
23	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )	-	3,3%	-
24	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))	3,3%	-	-
25	( <i>E. brassiana</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))	-	3,3%	-
26	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. pellita</i> )	3,3%	-	-
27	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. tereticornis</i> )	-	-	3,3%
28	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )	3,3%	-	-
29	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )	3,3%	-	-
30	( <i>E. grandis</i> HE) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )	3,3%	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

#### 4.6 Desempenho das espécies e híbridos nos diferentes sites, em seleção de potenciais genitores para o caráter IMA1

Ao analisarmos a composição de espécies dos 30 melhores potenciais genitores de cada site, temos a repetição de 23 combinações. Apenas a combinação (*E. urophylla* HE) x (*E. camaldulensis*), esteve representada no ranking dos 3 sites, apresentando 6, 7 e 8 indivíduos desta família entre os 30 primeiros classificados nos sites de Buritizeiro, Inhambupe e Bocaiúva, respectivamente.

Percebemos que, 9% das 23 famílias são formadas por uma única espécie, 26% pela combinação de 2 espécies, 30% formadas por 3 espécies, 22% são compostas por 4 espécies e 13% compostas por 5 ou mais espécies (Tabela 16).

Assim como na análise de espécies mais frequentes no ranking de seleção de famílias (Tabela 15), para a seleção de potenciais genitores a espécie que mais se apareceu nas combinações foi *E. urophylla* (presente em 19 das 23 composições), e *E. camaldulensis*, que aparece 13 vezes entre as 23 combinações (Tabela 17). Além de se repetirem frequentemente na composição dos materiais de melhor desempenho, a única combinação de espécies classificada nos 3 sites é justamente um cruzamento entre estas espécies.

Estes resultados confirmam o bom desempenho do *E. urophylla* e *E. camaldulensis* em situações de baixa disponibilidade hídrica, conforme relatado por Segtowich (2020), e reforça a importância de se mantê-las em programas de melhoramento, visando introdução de genes relacionados a tolerância a seca. O *E. camaldulensis* apresenta vários mecanismos fisiológicos para restringir a perda de água, e captar água em camadas profundas do solo (WHITE *et al.*, 2000 apud SEGTOUWICH, 2020). Segundo Awe *et al.* (1976) e Pereira e Kozlowski (1976), o bom desempenho do *E. camaldulensis* pode ser atribuído, principalmente, ao rápido crescimento do sistema radicular, e sua estrutura profunda e ramificada. Esses autores afirmam que esta espécie evita a perda excessiva de água devido à alta sensibilidade estomatal em situações de estresse hídrico, e ao sistema radicular profundo. Quanto ao *E. urophylla*, apesar de não apresentar os mesmos mecanismos de resposta ao estresse hídrico relatados para o *E. camaldulensis*, é uma espécie de alta eficiência no uso da água (SEGTOUWICH, 2020), o que pode justificar sua participação nos híbridos mais produtivos sob condições de seca.

Tabela 16 - Presença de espécies nas combinações de potenciais genitores

<b>Espécies</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
<i>(E. urophylla)</i>	19	82,6
<i>(E. camaldulensis)</i>	13	56,5
<i>(E. grandis)</i>	12	52,2
<i>(E. brassiana)</i>	7	30,4
<i>(E. pellita)</i>	4	17,4
<i>(E. tereticornis)</i>	3	13,0
<i>(E. longirostrata)</i>	2	8,7

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 17 - Participação das combinações de espécies entre os 30 primeiras potenciais genitores em cada site para IMA1

NUM.	ESPÉCIES	BURITIZEIRO	INHAMBUPE	BOCAIÚVA
1	<i>(E. urophylla HE) x (E. camaldulensis)</i>	20%	23%	27%
2	<i>(E. camaldulensis) x (E. camaldulensis)</i>	-	37%	-
3	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla x E. grandis)</i>	-	-	30%
4	<i>(E. grandis HE) x (E. pellita x E. brassiana)</i>	27%	-	-
5	<i>(E. urophylla) x (E. camaldulensis)</i>	-	27%	-
6	<i>(E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)) x (E. camaldulensis)</i>	-	-	20%
7	<i>(E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)) x (E. longirostrata)</i>	13%	-	-
8	<i>(E. camaldulensis) x (E. brassiana)</i>	10%	-	-
9	<i>((E. grandis x E. brassiana) x E. pellita) x ((E. grandis x E. brassiana) x E. pellita)</i>	-	7%	-
10	<i>(E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)) x (E. tereticornis)</i>	-	-	7%
11	<i>(E. urophylla x E. grandis) x ((E. grandis x E. brassiana) x E. pellita)</i>	7%	-	-
12	<i>(E. urophylla x E. grandis) x (E. brassiana)</i>	7%	-	-
13	<i>(E. urophylla x E. tereticornis) x (E. urophylla x E. camaldulensis)</i>	-	-	7%
14	<i>(E. camaldulensis) x (E. urophylla HE)</i>	-	3%	-
15	<i>(E. camaldulensis) x (E. urophylla x E. camaldulensis)</i>	3%	-	-
16	<i>(E. camaldulensis) x (E. urophylla x E. grandis)</i>	3%	-	-
17	<i>(E. urophylla HE) x (E. brassiana)</i>	-	-	3%
18	<i>(E. urophylla HE) x (E. longirostrata)</i>	-	-	3%
19	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla HE)</i>	-	-	3%
20	<i>(E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)) x (E. urophylla x E. camaldulensis)</i>	3%	-	-
21	<i>(E. urophylla x E. camaldulensis) x (E. camaldulensis)</i>	-	3%	-
22	<i>(E. urophylla x E. grandis) x (E. pellita x E. brassiana)</i>	3%	-	-
23	<i>(E. urophylla) x (E. urophylla x E. tereticornis)</i>	3%	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

#### 4.7 Desempenho das espécies e híbridos nos diferentes sites, em seleção de potenciais clones para o caráter IMA1

Na análise de desempenho das espécies no ranking de potenciais clones para cada site, novamente apenas o cruzamento (*E. urophylla* HE) x (*E. camaldulensis*) foi representado nos 3 sites, assim como ocorreu nos resultados para seleção de potenciais genitores.

Entre as 25 combinações entre espécies, 12% são cruzamentos com uma única espécie, 16% formado por duas espécies, 32% possui 3 espécies em sua composição genética, 24% possui gene de 4 espécies e 16% é formado por 5 espécies ou mais (Tabela 18).

Esses resultados indicam que 72% dos materiais melhores classificados foram híbridos formados por três ou mais espécies, resultados similares aos relatados por Santos (2015) em experimento de avaliação da interação genótipo x ambiente em híbridos de *Eucalyptus* spp. Isso indica que estes materiais tendem a expressar maior adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas dos ambientes avaliados.

Tabela 18 - Presença de espécies nas combinações de potenciais clones

<b>Espécies</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
<i>(E. urophylla)</i>	19	76,0
<i>(E. camaldulensis)</i>	15	60,0
<i>(E. grandis)</i>	13	52,0
<i>(E. brassiana)</i>	6	24,0
<i>(E. pellita)</i>	4	16,0
<i>(E. tereticornis)</i>	3	12,0
<i>(E. longirostrata)</i>	1	4,0

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 19 - Participação das combinações de espécies entre os 30 primeiras potenciais clones em cada site para IMA1

NUM.	ESPÉCIES	BURITIZE IRO	INHAMBUPE	BOCAIUVA
1	<i>(E. urophylla HE) x (E. camaldulensis)</i>	23%	23%	17%
2	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla x E. grandis)</i>	-	-	33%
3	<i>(E. camaldulensis) x (E. camaldulensis)</i>	-	23%	-
4	<i>(E. urophylla) x (E. camaldulensis)</i>	-	23%	-
5	<i>(E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)) x (E. camaldulensis)</i>	-	-	20%
6	<i>(E. grandis HE) x (E. pellita x E. brassiana)</i>	17%	-	-
7	<i>(E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)) x (E. longirostrata)</i>	13%	-	-
8	<i>(E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)) x (E. tereticornis)</i>	-	-	13%
9	<i>((E. grandis x E. brassiana) x E. pellita) x ((E. grandis x E. brassiana) x E. pellita)</i>	-	10%	-
10	<i>(E. camaldulensis) x (E. brassiana)</i>	10%	-	-
11	<i>(E. camaldulensis) x (E. urophylla HE)</i>	-	7%	-
12	<i>(E. urophylla x E. camaldulensis) x (E. camaldulensis)</i>	-	7%	-
13	<i>(E. urophylla x E. grandis) x ((E. grandis x E. brassiana) x E. pellita)</i>	7%	-	-
14	<i>(E. urophylla x E. grandis) x (E. brassiana)</i>	7%	-	-
15	<i>(E. urophylla x E. grandis) x (E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis))</i>	-	-	7%
16	<i>(E. urophylla x E. tereticornis) x (E. urophylla x E. camaldulensis)</i>	-	-	7%
17	<i>(E. urophylla) x (E. urophylla HE)</i>	-	7%	-
18	<i>(E. camaldulensis) x (E. urophylla x E. camaldulensis)</i>	3%	-	-
19	<i>(E. camaldulensis) x (E. urophylla x E. grandis)</i>	3%	-	-
20	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla HE)</i>	-	-	3%
21	<i>(E. urophylla HE) x (E. urophylla x E. tereticornis)</i>	3%	-	-
22	<i>(E. urophylla x (E. camaldulensis x E. grandis)) x (E. urophylla x E. camaldulensis)</i>	3%	-	-
23	<i>(E. urophylla x E. camaldulensis) x (E. urophylla x E. grandis)</i>	3%	-	-
24	<i>(E. urophylla x E. grandis) x (E. pellita x E. brassiana)</i>	3%	-	-
25	<i>(E. urophylla) x (E. urophylla x E. tereticornis)</i>	3%	-	-

Fonte: Dados da pesquisa.

## 5 CONCLUSÕES

Os parâmetros genéticos indicam que há baixa herdabilidade nos três sites, para todos os parâmetros avaliados.

Aos 6 meses de idade, os fatores ambientais são de grande importância nos testes.

Uma recomendação geral de clones advindos de seleção precoce aos 6 meses, não é indicada para os locais avaliados. A seleção deve ser feita de maneira individual para cada site, buscando clones para o ambiente específico.

Buritizeiro-MG é o local mais adequado para se praticar a seleção precoce aos 6 meses de idade, resultando em maiores ganhos de seleção e maior variabilidade genética entre os genótipos.

Para seleção de famílias visando produtividade, apenas o site de Buritizeiro/MG apresenta ganhos significativos de famílias híbridas sobre as testemunhas do experimento, com estimativas de ganho na ordem de 20% na seleção da melhor família do site, que foi GG2034 x GG4386 ((*E. grandis* HE) x (*E. pellita* x *E. brassiana*)).

Analisando-se as combinações de espécies dos híbridos, os cruzamentos entre (*E. urophylla* HE) x (*E. camaldulensis*) se destaca na avaliação de potenciais progênies, potenciais genitores e potenciais clones tolerantes à baixa disponibilidade hídrica para o caráter IMA. Essas espécies também foram as que mais participaram das combinações genéticas melhores classificadas nos rankings de volume.

Todos os três sites apresentam indivíduos potenciais para serem clonados e avaliados em teste clonal visando maximizar a sobrevivência e produtividade em sites com elevado déficit hídrico.

As famílias onde existem cruzamentos híbridos multi-espécies (com 3 ou mais genitores) apresentaram bom desempenho e adaptação nesses sites, o que demonstra que a produção de híbridos multi-espécies pode ser uma boa estratégia para melhorar o desempenho do gênero *Eucalyptus* nas áreas secas do Brasil.

Cruzamentos envolvendo *E. camaldulensis*, *E. brassiana* e *E. pellita* estiveram entre as primeiras posições dos rankings, demonstrando a adaptação de híbridos com essas espécies em zonas de déficit hídrico. Empresas florestais que atuam nessas regiões, podem trabalhar o melhoramento via hibridação dessas espécies para obter melhor adaptação aos sites.

Por fim, novas avaliações devem ser feitas em idades mais avançadas dos testes de progênies para consolidar os dados gerados nessa dissertação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (Brasília). **Anuário estatístico da ABRAF 2010 ano base 2009/ ABRAF**. 140p.

ALFENAS, A. C. *et al.* **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. Viçosa: UFV. p 244. 2004.

ASSIS, T. F.; WARBURTON, P.; HARWOOD, C. Artificially induced protogyny: an advance in the controlled pollination of *Eucalyptus*. **Australian Forestry**, Melbourne, v. 68, n. 1, p. 27-33, 2005.

ASSIS, T. Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3., 2014, Campinas. **Anais [...]** Campinas-SP, 2014.

AWE, J. O.; SHEPHERD, K. R.; FLORENCE, R. G. Root development in provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. **Australian Forest**, [s.l.], v. 85, p. 201-209, 1976.

BELL, D. T.; WILLIAMS, J. E. *Eucalypt* Ecophysiology. Capítulo 8. In: ***Eucalypt Ecology: Individuals to ecosystems***. Editado por Jann Williams e John Woinarski. Cambridge University Press, 1997.

BERTII, C. L. F.; FREITAS, M. L. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Variação genética, herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento e forma em teste de progênies de polinização aberta de *Eucalyptus cloeziana*. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, v. 23, p. 13-26, 2011.

BRAY, E.A. Plant responses to water deficit. **Trends in Plant Science**, [s. l.], v. 2, p. 48-54, 1997.

CALLISTER, A. N.; ARNDT, S. K.; ADAMS, M. A. Comparison of four methods for measuring osmotic potential of tree leaves. **Physiologia Plantarum**, [s.l.], v. 127, p. 383-392, 2006.

CARLESSO, R.; SANTOS, R. F. Disponibilidade de Água às Plantas de Milho em Solos de Diferentes Texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 23, p. 17-25, 1999.

CARVALHO, A. D. F. **Histórico do melhoramento genético de eucalipto no Brasil**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2000. Disponível em: <http://www.genetica.esalq.usp.br/pub/seminar/ADFCarvalho-200602-Resumo.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2019.

CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S.; MAROCO, J.; RPDRIGUES, M. L.; RICARDO, C. P.; OSORIO, M. L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, [s.l.], v. 89, p. 907-916, 2002.

COSTELLO, L. R. *et al.* **Abiotic Disorders of Landscape Plants: A Diagnostic Guide**. University of California Agriculture and Natural Resources. Publication 3402. Oakland, California. p. 242. 2003.

FERREIRA, E. M.; ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.; LEITE, H. G.; SARTORIO, R. C.; PENCHEL, R. G. F. Determinação do tempo ótimo de enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Arvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p.183-187, 2004.

FLEXAS, J.; BOTA, J.; ESCALONA, J. M.; SAMPOL, B.; MEDRANO, H. Effects of drought on photosynthesis in grapevines under field conditions. **Functional Plant Biology**, [s.l.], v. 29, p. 461-471, 2002.

FORMENTO, S. **Qualidade de povoamentos e correlações entre sobrevivência e altura de árvores de eucalipto**. 2014. 40 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Celulose e Papel) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

FRACASSO, A.; TRINDADE, L.; AMADUCCI, S. Drought tolerance strategies highlighted by two Sorghum bicolor races in a dry-down experiment. **Journal of Plant Physiology**, [s.l.], v. 190, p. 1-14, 2016.

GOMES, R. T. **Efeito do espaçamento no crescimento e nas relações hídricas de Eucalyptus spp na região de cerrado de Minas Gerais**. 1994. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

HIRT, H. Introduction. In: HIRT, H; SHINOZAKI, K. (Org.). Plant Responses to Abiotic Stress. **Topics in Current Genetics**, [s.l.], v. 4, p. 151-185, 2003.

IBÁ - Indústria Brasileira de produtores de Árvores. **Relatório IBÁ 2020 ano base 2019**. Brasília: 2020. 66 p. Disponível em: <https://iba.org/publicacoes>. Acesso em: 09 out. 2020.

IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. **BEPP - Brasil Eucalyptus Produtividade Potencial**. Disponível em: <http://www.ipef.br/bepp/>. Acesso em: 09 jan. 2011

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3. ed. São Carlos: Rima, 2006.

LELES, P. S. S. **Crescimento, alocação de biomassa e distribuição de nutrientes e uso de água em E. camaldulensis e E. pellita sob diferentes espaçamentos**. 1995. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

MARTINS, I.; PIRES, I.; OLIVEIRA, M. **Divergência genética em progênies de uma população de Eucalyptus camaldulensis DEHNH**. [S.l.]: Floresta e Ambiente, 2002.

MASSARO, R. A. M.; BONINE, C. A. V.; SCARPITANI, E. A.; DE PAULA, R. C. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, [s.l.], v. 20, p. 597-609, 2010.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A Cultura do Eucalipto no Brasil – Eucalypt Cultivation in Brazil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000.

NIETO, V. M.; RODRIGUEZ, J. *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. In: VOZZO, J. A. (Ed.). **Tropical Tree Seed Manual**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture/Forest Service, 2003. p. 466-467.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B. de; SILVA, E. C. da. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. *In*: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. de L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. (Eds.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p. 22-31.

OLIVEIRA, L. M. *et al.* Fatores Abióticos e Produção Vegetal. *In*: PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e Produção Vegetal**. Lavras: Editora UFLA, 2006.

PEDROSO, E. J. **Enraizamento de miniestacas e ecofisiologia de mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* submetidas a diferentes intensidades de radiação solar**. 2016. 49 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

PIGATO, S. M. P. C.; LOPES, C. R. Caracterização silvicultural, botânica e avaliação da variabilidade genética por meio de marcador molecular RAPD em um teste de progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 60, p. 135-148, 2001.

PUPIN, S. **Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE**. 2014. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2014.

REIS, G. G.; HALL, A. E. Relações hídricas e atividade do sistema radicular em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em condições de campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 43-55, 1987.

REIS, L. A. C. **Identificação de características fisiológicas relacionadas à tolerância ao déficit hídrico em clones comerciais de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp.** 2018. 145 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

REIS, M.; FONTAN, I.; OLIVEIRA, C.; MONTE, M.; GOMES, A.; REIS, G. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* E de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, p. 921-931, 2006.

SANTOS, B. R. *et al.* Estresse Ambiental e Produtividade Agrícola. *In*: PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e Produção Ambiental**. Lavras: Editora UFLA, 2006.

SANTOS, G. A. *et al.* Interação genótipos x ambientes para produtividade de clones de *Eucalyptus* L'hér. no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 1, p. 81-91, fev. 2015.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit Hídrico e os Processos Morfológicos e Fisiológicos das Plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SCHWIDER, Y. S. *et al.* Efeito do Déficit Hídrico Sobre o Crescimento de Eucalipto em Diferentes Condições Microclimáticas. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 888-900, 2013.

SEGTOWICH, A. de C. **Balço hídrico do sistema solo-planta e eficiência de uso da água por espécies de *Eucalyptus* com diferentes tolerâncias à deficiência hídrica.** 2020. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020.

SEKI, M.; UMEZAWA, T.; URANO, K.; SHINOZAKI, K. Regulatory metabolic networks in drought stress responses. **Current Opinion in Plant Biology**, [s.l.], v. 10, p. 296-302, 2007.

SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. **Journal of Experimental Botany**, [s.l.], v. 58, p. 221-227, 2007.

SUTCLIFFE, J. **As Plantas e a Água.** Coleção temas de biologia. Traduzido por MACIEL, H. E. T. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA (EPU), 1980.

TAYLOR, I. B.; BURBIDGE, A.; THOMPSON, A. J. Control of abscisic acid synthesis. **Journal of Experimental Botany**, [s.l.], v. 51, p. 1563-1575, 2000.

VELLINI, A. L. T. T. *et al.* Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 651-663, 2008.

WRIGHT, I. J.; GROOM, P. K.; LAMONT, B. B.; POOT, P.; PRIOR, L. A.; REICH, P. B.; SCHULZE, E-D.; VENEKLAAS, E. J.; WESTOBY, M. Leaf trait relationships in Australian plant species. **Functional Plant Biology**, [s.l.], v. 31, p. 551-558, 2004.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement.** New York: John Wiley & Sons, 1984. 496p.

## **CAPÍTULO 2: ÍNDICE DE SELEÇÃO PRECOCE DE MATERIAIS GENÉTICOS DE EUCALIPTO TOLERANTES AO DÉFICIT HÍDRICO PARA CARACTERES DE CRESCIMENTO E TOLERÂNCIA A PRAGAS**

### **RESUMO**

O Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial de florestas plantadas, apresentando as maiores produtividades do mundo para culturas do gênero *Eucalyptus*. Contudo, o aparecimento de novas pragas introduzidas no país, assim como a convivência com agentes bióticos já presentes nos plantios ainda representam grandes desafios à manutenção e aumento da produtividade florestal. Neste contexto, este trabalho buscou avaliar o desempenho de novos materiais híbridos de eucalipto submetidos a condições de déficit hídrico, em relação a tolerância dessas plantas ao ataque de insetos e doenças. Esta avaliação foi realizada através da elaboração de índices de seleção unindo as características produtividade (IMA) e tolerância à agentes bióticos. As avaliações foram realizadas em três sites, Buritizeiro/MG, Bocaiúva//MG e Inhambupe/BA. Nos dois primeiros sites foi avaliada a tolerância das plantas à incidência de psilídio de concha (*Glycaspis brimblecombei*), e no site em Inhambupe/BA foi avaliado à tolerância à ferrugem do eucalipto (*Austropuccinia psidii*). Para o caráter “tolerância a pragas e doenças”, as herdabilidades ( $h^2_a$ ) foram medianas nos três sites, apresentando valores de 0,20, 0,26 e 0,24 em Buritizeiro, Bocaiúva e Inhambupe, respectivamente. Foram gerados um Índice Multiplicativo (IM) e um Índice Mulamba-rank (IMR) para os materiais avaliados. Os materiais que ocuparam as melhores posições nos rankings baseados nos índices gerados não haviam sido classificados entre os melhores quando considerado apenas a variável produtividade, indicando eficiência dos índices para análise conjunta das variáveis. Os índices criados apresentaram-se adequados, podendo ter aplicação prática em programas de melhoramento florestal.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus*. Déficit hídrico. Hibridação. Tolerância a seca. Tolerância a pragas

### ABSTRACT

Brazil is one of the key countries when it comes to planted forests. They achieve the highest productivity in the world for cultures of the genus *Eucalyptus*. However, the appearance of new pests in the country, as well as the coexistence with biotic agents already present in the plantations, still represent great challenges to the maintenance and increase of forest productivity. In this context, this work sought to evaluate the performance of new hybrid *eucalyptus* materials exposed to water deficit conditions, in relation to their tolerance to attacks by insects and diseases. This evaluation was carried out through the development of selection indexes combining the characteristics of productivity (IMA) and tolerance to biotic agents. The evaluations were carried out at three sites: Buritizeiro / MG, Bocaiúva / MG and Inhambupe / BA. At the first two sites, the tolerance of plants to the incidence of shell psyllid (*Glycaspis brimblecombei*) was evaluated, and at the site in Inhambupe / BA, it was evaluated for tolerance to *eucalyptus* rust (*Austropuccinia psidii*). For the character "tolerance to pests and diseases", heritabilities ( $h^2$ ) at the three sites resulted in median values of 0.20, 0.26 and 0.24 in Buritizeiro, Bocaiúva and Inhambupe, respectively. A Multiplicative Index (IM) and a Mulamba-rank Index (IMR) were generated for the evaluated materials. The materials that occupied the best positions in the rankings based on the generated indexes had not been classified among the best when considering only the productivity variable, indicating efficiency of the indexes for joint analysis of the variables. The indexes created were adequate and could have practical application in forest improvement programs.

**Key-words:** *Eucalyptus*. Water deficit. Hybridization. Drought tolerance. Pest tolerance.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal país, em âmbito mundial, na produção de florestas plantadas de eucalipto. O setor de florestas, que em 2019 apresentou área total plantada de 9 milhões de hectares, representou 1,2% do PIB nacional totalizando 94 bilhões de reais de receita bruta total. Dentre as diversas vantagens que o setor oferece, além de contribuir para o desenvolvimento nacional, apresenta grande contribuição local. Os programas socioambientais relacionados a esse setor beneficiam cerca de 6,9 milhões de pessoas. Além de oferecer oportunidades de mudanças econômicas locais, o setor contribui com oportunidades de treinamento e trabalho à comunidade, gerando qualificação e renda (IBÁ, 2020).

A evolução da produtividade evidenciada no Brasil nos últimos anos, atribuiu ao país a colocação de um dos melhores do mundo em melhoramento genético de eucalipto. O melhoramento neste cenário envolve técnicas de desenvolvimento de manejo, clonagem e hibridação desta espécie. Porém o caminho de manutenção da alta produtividade e aumento das características desejadas envolvem vários desafios tais como estresses bióticos (insetos, doenças), e estresses abióticos (déficit hídrico, altas temperaturas) (ASSIS, 2014). Tratando-se da disponibilidade de materiais genéticos, atualmente o cenário é de poucos clones disponíveis, geralmente de boa adaptabilidade às condições edafoclimáticas e média produtividade. Porém algumas mudanças recentes no setor de melhoramento, com maior profissionalização do setor florestal, também podem auxiliar no processo de retomada de produtividade, uma vez que mais e melhores clones vão sendo disponibilizados ao mercado. (BASSA *et al.*, 2013).

Os plantios de eucalipto ocorrem em diversas regiões do país, sendo assim, existem espécies e clones mais adaptados a cada condição edafoclimática. Um dos grandes desafios para o setor florestal são as doenças e pragas e observa-se que a incidência dos principais ataques está ligada a essas condições de clima e solo. O cancro do eucalipto (*Cryphonectria cubensis*), se desenvolve em temperaturas entre 28 e 32 °C. A temperatura se mostra como principal fator limitante de distribuição geográfica do fungo. Temperaturas médias anuais abaixo de 23°C limitam a sua ocorrência (SANTOS, 2001). As condições edafoclimáticas do Brasil apresentam grande potencial para a dispersão de pragas exóticas, geralmente originárias da Austrália e um dos motivos é não haver aqui um inimigo natural específico (IEDE, 2003).

Com a globalização, o risco do surgimento de novas pragas que possam comprometer os níveis de produtividade alcançados atualmente é inerente. Até os anos 90 o Brasil apresentava economia praticamente fechada, após a abertura econômica, a movimentação de produtos incluindo produtos de origem vegetal aumentou de forma exorbitante, aumentando de forma substancial o risco de introdução de pragas no país (IEDE *et al.*, 2000). O manejo

integrado de pragas parece ser uma boa estratégia de controle de doenças do eucalipto. Estudos mostram bons resultados na integração de inimigos naturais dos vetores de pragas e doenças associado a seleção de clones resistentes (WILKEN, 2008).

Tratando-se de insetos que interferem na produtividade do eucalipto, os principais são as formigas cortadeiras, lepidópteros desfolhadores, psilídeos, besouros desfolhadores, cupins e o percevejo bronzeado. Ainda as vespas da galha, ácaros e besouros broqueadores. Esses insetos tendem ao crescimento populacional pela grande disponibilidade de alimento e baixa diversidade nos plantios, podendo causar grandes prejuízos, principalmente nos estágios iniciais da floresta, época em que os danos causados por eles apresentam maior impacto sobre a sobrevivência e produtividade das plantas.

A busca por novos clones vem sendo feita para que caracteres de interesse como resistência a pragas, adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e a condições de déficit hídrico (ROSADO, 2008). Os clones do híbrido de *C. torelliana* x *C. citriodora*, por exemplo, têm apresentado bons resultados frente a esses desafios e ainda apresentam alta densidade da madeira e boas taxas de crescimento. São resistentes ao distúrbio fisiológico e a maioria das pragas que causa danos às florestas de eucalipto (ASSIS, 2014). Foi observado também que os clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, podem apresentar resultados muitos bons quanto à resistência a doenças e pragas (FERREIRA *et. al.*, 2015). Combinando esse resultado ao fato que as plantas desse clone apresentam alto crescimento (VALERI, 2016), o torna de grande interesse

Uma estratégia utilizada nos programas de melhoramento é a elaboração de índices de seleção. Os índices de seleção são gerados por técnicas multivariadas que visam associar as informações relativas a características de interesse agrônômico com as propriedades genéticas da população avaliada. Com isso, pode-se criar valores numéricos, que se apresentam como uma característica adicional, teórica, resultante da combinação de determinadas características selecionadas pelo melhorista, sobre as quais se deseja manter seleção simultânea (CRUZ; CARNEIRO, 2008). Através de diferentes índices, são geradas diferentes alternativas de seleção nos programas de melhoramento, apresentando, conseqüentemente, diferentes valores de ganhos percentuais.

O presente estudo teve como finalidade analisar híbridos de eucalipto - com potencial de tolerância à seca, em relação à incidência de insetos e doenças nestes materiais em campo. Todos os indivíduos foram avaliados visualmente, e atribuídas notas de 0 a 5 em função do grau de infestação de insetos ou patógenos nas plantas. Os dados de suscetibilidade foram avaliados conjuntamente aos dados de produtividade, visando calcular um índice de seleção que

considerasse a produção de madeira e a incidência de insetos e doenças nos indivíduos e nas famílias avaliadas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O objetivo geral consistiu em avaliar, através da atribuição de notas, o grau de susceptibilidade dos materiais testados à principal praga ou doença de ocorrência em cada um dos sites. Visando fornecer informações sobre o comportamento dos materiais para uma possível seleção de famílias ou indivíduos, como potenciais genitores ou potenciais clones.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a Avaliar o potencial de materiais híbridos de eucalipto em relação à tolerância ao ataque de pragas e doenças;
- b Identificar cruzamentos de alto potencial de tolerância ao déficit hídrico e ataque de pragas e doenças;
- c Estimar os parâmetros genéticos para progênies de polinização controlada entre 30 clones e oito espécies puras de eucalipto, para o parâmetro tolerância a doenças e pragas; e
- d Propor um índice de seleção para os materiais avaliados, que leve em consideração o potencial produtivo e a tolerância a pragas e doenças.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Metodologia de avaliação**

As plantas foram avaliadas em um sistema de avaliação visual de notas entre 0 a 5 de acordo com a baixa ou alta incidência de acordo com adaptação do método proposto por Eloy *et al.* (2003) e Hilga *et al.* (2002) (ANDREJOW, 2018).

Nos sites avaliados no projeto, essa metodologia foi utilizada de forma a qualificar a incidência do inseto ou doença de maior importância observada no local.

Cada planta foi avaliada individualmente, e para cada indivíduo foi atribuída uma nota 0, 1, 3 ou 5, representando a incidência ou os sinais de ataque dos insetos ou doenças e posteriormente os dados gerados foram analisados via Selegen.

A nota 0 é relativa às plantas que não apresentam nenhuma incidência ou sinais de ataque. A nota 1 se refere a indivíduos que têm incidência branda do inseto ou doença na planta. Para as plantas com incidência moderada é atribuída a nota 3 e para as plantas com alta incidência ou com muitos sinais de ataque, é atribuída a nota 5.

Espera-se que os indivíduos e famílias de menor média apresentem ganhos em relação às testemunhas, confirmando-se o potencial de introdução destes materiais em programas de melhoramento, uma vez que podem ter caracteres de tolerância a patógenos e pragas, características de importante relevância para o projeto e para outros programas de melhoramento florestal.

No site em Buritizeiro/MG foram avaliadas 4.400 plantas, provenientes de 214 famílias híbridas, e 6 clones-testemunha. Cada família e testemunha foi representada por 20 indivíduos, distribuídos em 20 repetições, com 1 planta por repetição.

No site em Bocaiúva/MG foram avaliadas 4.200 plantas, provenientes de 204 famílias híbridas, e 6 clones-testemunha. Cada família e testemunha foi representada por 20 indivíduos, distribuídos em 20 repetições, com 1 planta por repetição.

### **3.2 Delineamento experimental**

As avaliações foram realizadas nos testes de progênes de *Eucalyptus* apresentados no Capítulo 1 deste trabalho.

Os testes estão implementados nos Municípios de Buritizeiro, MG (16°54'50.6''S e 44°56'51.6''W), Inhambupe, BA (11°52'10.2''S e 38°23'21.3''W) e Bocaiúva, MG (17°19'44.8''S e 43°49'23''.2W). Eles foram instalados nos meses de fevereiro, março e abril do ano de 2019, contando com 214, 224 e 204 tratamentos (progênes), respectivamente. Para efeito comparativo, foram incluídas seis testemunhas comerciais de comportamento conhecido em todos os experimentos, clones GG1980, GG1923, GG2673, I144, VM01 e AEC1528. O delineamento estatístico adotado em todos os sites foram blocos completos casualizados, contendo 20 repetições, com parcela de árvore única/*single-tree-plot* (PPU/STP). O espaçamento adotado entre plantas foi de 3,5 m x 2,67 m. O preparo do talhão e adubação de base foram realizados seguindo os procedimentos operacionais padrões de cada empresa.

### **3.3. Avaliações nos sites Buritizeiro/MG e Bocaiúva/MG**

No site em Buritizeiro/MG foram avaliadas 4.400 plantas, provenientes de 214 famílias híbridas, e 6 clones-testemunha. Cada família e testemunha foi representada por 20 indivíduos, distribuídos em 20 repetições, com 1 planta por repetição.

No site em Bocaiúva/MG foram avaliadas 4.200 plantas, provenientes de 204 famílias híbridas, e 6 clones-testemunha. Cada família e testemunha foi representada por 20 indivíduos, distribuídos em 20 repetições, com 1 planta por repetição.

O experimento foi avaliado aos 6 meses de idade, após um período crítico de 4 meses de prolongada estiagem.

Todas as avaliações foram realizadas pelo mesmo avaliador, para que não houvesse divergência nos critérios utilizados.

### **3.4. Avaliações no site Inhambupe/BA**

No site em Inhambupe/BA foram avaliadas 4.600 plantas, provenientes de 224 famílias híbridas, e 6 clones-testemunha. Cada família e testemunha foi representada por 20 indivíduos, distribuídos em 20 repetições, com 1 planta por repetição.

O experimento foi avaliado aos 6 meses de idade, após um período crítico de 4 meses de prolongada estiagem.

Todas as avaliações foram realizadas pelo mesmo avaliador, para que não houvesse divergência nos critérios utilizados.

### **3.5. Análises genéticas**

Todas as análises genéticas foram realizadas no *software* Selegen REML/BLUP (RESENDE 2016), segundo os modelos descritos abaixo.

#### **3.5.1 Análise em cada site**

Para análise dos testes de progênies de irmãos germanos em cada site o seguinte modelo foi utilizado:  $y = Zg + Wp + e$ , em que  $y$  é o vetor de dados,  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos individuais (assumidos como aleatórios),  $p$  é o vetor dos efeitos de blocos (assumidos como aleatórios),  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Os clones testemunhas inseridos no teste de progênies foram analisados separadamente segundo o modelo:  $y = Zg + Wp + e$ , em que  $y$  é o vetor de dados,  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios),  $p$  é o vetor dos efeitos de bloco (assumidos como aleatórios),  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

#### **3.5.2 Índices de seleção**

Atualmente, o plano de melhoramento genético tem estabelecido a estratégia da aplicação dos índices de seleção entre famílias ou indivíduos, baseando-se no caráter de interesse, seja o crescimento da espécie ou alguma característica econômica. Desse modo, o

índice de seleção está relacionado com o valor genético global específico de cada indivíduo (Hazel e Lush, 1942), de modo a servir como um instrumento adicional para os resultados de combinações características que se pretende obter respostas à seleção, contribuindo para um aprimoramento simultâneo de múltiplos caracteres independente da existência ou não de correlação entre eles (Santos et al., 2007). Dessa forma, o valor genético referente à seleção será o somatório das características de melhoramento, além de estar associado com os aspectos econômicos relativos de cada característica, no intuito aumentar a relação entre o valor genotípico dos indivíduos e índice de seleção (Smith, 1936). Entretanto, é difícil ter uma estimativa precisa do valor de melhoramento, portanto, a seleção será baseada no valor fenotípico do indivíduo (Hazel, 1943a). De forma mais pragmática, o índice de seleção corresponde a função linear de valores fenotípicos das características do indivíduo associado com o peso econômico dos caracteres de interesse (Willians, 1962), assim, existem diversos métodos de elaboração do índice de seleção com um propósito de aperfeiçoamento genético, de modo que poderá ter uma flutuação das características escolhidas de acordo com a finalidade.

Em geral, os índices mais utilizados se diferenciam na relevância atribuída a cada caráter avaliado. Esta relevância é estipulada de acordo com o peso econômico e as covariâncias genéticas e fenotípicas (Hazel, 1943b), apesar de existir o índice multiplicativo, que estabelece o valor mínimo aceitável para cada caráter (Elston, 1963a). Também, há índices que se caracterizam com a formação de ranques genótipos conduzidos pelas características adotadas como relevantes e o somatório dos valores total dos caracteres (Mulamba; Mock, 1978). Como ainda, houve o surgimento de índices onde os elementos de maior importância são referentes a função da herdabilidade da característica selecionada (Smith et al., 1981). Ou podendo ser de combinação das características genéticas quantitativa e de regressão múltipla, desse modo a estimativa do valor aditivo do indivíduo poderá ser alcançada por meio da herdabilidade de características, levando em consideração o valor aditivo relacionado a regressão linear múltipla dos pesos fenotípicos (Falkenhager, 1986). Além disso, surgiu uma adaptação cujo fator de relevância empregado é a resposta desejada ou diferencial da seleção para mensurar os caracteres aplicados no índice (Dickerson et al., 1954).

Porém, é importante ressaltar que, apesar de uma resposta para determinada especificidade possa ser considerado superior em relação ao seu índice de seleção, isto acarreta em genótipos com melhores padrões agrônômicos, pois alcançam níveis apropriados para os caracteres em um menor espaço de tempo em relação aos genótipos adquiridos da seleção sequencial para cada caráter. Entretanto, existem também os índices de seleção não lineares, onde podem ser utilizados em seleção de cultivos ou seleção recorrente (Elston, 1963b), assim

como o índice multiplicativo que proporciona uma seleção aproximada dos genótipos que seriam aplicados no índice linear, porém eliminando a necessidade de estimar parâmetros fenotípicos ou genético (Garcia, 1998).

Todavia, é fundamental uma utilização estratégica do parâmetro de relevância dos ganhos genéticos desejáveis como características particulares e assim, distanciar o uso dos pesos econômicos para calcular os índices de seleção (Pesek e Baker, 1969). Posteriormente, incrementou-se a possibilidade de estabelecer o parâmetro de valores ideais para cada variável, assim como o intervalo de valores favoráveis para o melhoramento. Desse modo, possibilitando calcular os valores de média, máximo e mínimo para cada variável (Cruz, 2006).

Contudo, apesar das adaptações desenvolvidas ao longo do tempo, a utilização dos índices de seleção ainda apresenta algumas limitações, no entanto conseguem proporcionar um maior rendimento no objetivo aplicado de acordo com a distribuição e seleção dos caracteres para que cumpra sua finalidade de forma eficiente (Martins et al., 2003).

Para avaliação conjunta do potencial de produtividade e do potencial de tolerância à insetos ou doenças, foram gerados dois índices.

### **3.5.2.1. Índice Multiplicativo (IM)**

O índice multiplicativo é dado pela multiplicação dos valores genéticos das famílias para cada variável segundo equação abaixo.

$$IM = (VGIMA1 \times VGPSI) \text{ (Sites Buritizeiro e Bocaiuva/MG)}$$

$$IM = (VGIMA1 \times VGFER) \text{ (Site Inhambupe/BA)}$$

onde: VGIMA1 = valor genético da família para IMA1; VGPSI = valor genético da família para suscetibilidade à psilídio-de-concha; VGFER = valor genético da família para suscetibilidade à ferrugem do eucalipto.

Adotou-se peso 1 para todas as variáveis. No caso das variáveis de doenças e pragas, o sentido de seleção considerado foi contrário ao sentido de seleção do IMA.

### **3.5.2.2. Índice Mulamba-rank (IMR)**

É importante ressaltar que, o principal intuito dos programas de melhoramento genético é obter espécimes com alta eficiência associando-se a condições de resistência ao estresse biótico e abiótico, procedendo em cultivos com ótimo desempenho (Poerwoko, 2016). Por isso, é recorrente o auxílio de índices de seleção, que são métodos multivariados para calcular os valores fenotípicos, demonstrando as vantagens e desvantagens de cada genótipo comparado aos inúmeros caracteres (Vasconcelos et al., 2010).

O índice de soma dos postos ou ranks apresentado por Mulamba e Mock (1978) corresponde a classificação das progênies em referência aos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento. Em seguida, após a classificação, são somadas às ordens de cada genótipo em relação ao caráter, sendo que quanto menor o valor obtido, melhor a classificação, tendo como resultado uma média adicional tomada como índice de seleção. Assim, o cálculo realizado deriva exclusivamente das médias fenotípicas, entretanto, o melhorista tem a possibilidade de conceder pesos econômicos aos caracteres, caso seja de seu interesse. A fórmula é representada pela fórmula:  $I = r_1 + r_2 + \dots + r_n$ , onde  $I$  = representa o valor do índice para dada progênie ou família;  $r_j$  = classificação ou rank de uma família em relação à  $j$ -ésima característica; e  $n$  = é o número de caracteres considerados no índice. Desse modo, esta estratégia possibilita especificar diferentes pesos na ordem de classificação dos caracteres. Portanto, tem-se:  $I = p_1 r_1 + p_2 r_2 + \dots + p_n r_n$ , sendo  $p_j$  = peso econômico atribuído pelo pesquisador ou melhorista à  $j$ -ésima característica. (Cruz, 2001)

Assim, uma das principais vantagens do índice de soma é ausência de exigências sobre pesos econômicos e também de estimativas de variâncias e covariâncias genotípicas e fenotípicas. Diante disso, o intuito deste índice é realizar a transformação das médias fenotípicas ajustadas dos genótipos de cada caráter, conforme o interesse do cultivo e produtor, seja no objetivo de aumentar ou diminuir a expressão fenotípica (Ramalho et al., 2012).

Em suma, é perceptível de acordo com trabalhos acadêmicos, que a utilização do índice de ranqueamento nos valores genéticos genômicos procederam em altos ganhos de seleção em comparação a outros índices, como é demonstrado no estudo de Condé no ano de 2019 que constatou a possibilidade da seleção de clones de eucaliptos precoce tolerantes a ambientes propícios ao estresse hídrico, qual demonstrou-se com uma alta eficiência que viabiliza a utilização desse método não apenas para indivíduos precoce, mas também para espécimes adultos em estágio avançado do programa de melhoramento. Desse modo, com base no material levantado, indica que o método de Mulamba e Mock (1978) permite ser um instrumento eficaz para os objetivos de melhoramento genético.

Assim foi adotado a seguinte fórmula para a pesquisa:

$$\text{IMR} = (\text{rankIMA} + \text{rankPSI})/2 \text{ (Sites Buritizeiro e Bocaiuva/MG)}$$

$$\text{IMR} = (\text{rankIMA} + \text{rankFER})/2 \text{ (Site Inhambuê/BA)}$$

onde: rankIMA = posição da família no ranking para IMA1; rankPSI = posição da família no ranking para tolerância à psilídio-de-concha; rankFER = posição da família no ranking para tolerância à ferrugem do eucalipto.

Adotou-se peso 1 para todas as variáveis. No caso das variáveis de doenças e pragas, o sentido de seleção considerado foi contrário ao sentido de seleção do IMA.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Parâmetros genéticos de tolerância a insetos e doenças

Para o parâmetro “tolerância à insetos/doença”, a herdabilidade ( $h^2_a$ ) apresentou valores medianamente baixos nos três sites, variando de 0,20 em Buritizeiro/MG, a 0,26 em Inhambupe/BA (Tabela “3”). Evidenciando que todas as estimativas de herdabilidade foram significativamente maiores que zero, ou seja, há herdabilidade das características de tolerância à ao psíldio-de-concha (Buritizeiro e Bocaiuva/MG) e à ferrugem do eucalipto (Inhambupe). Valores de herdabilidade variando de 0,01 até 0,15 são considerados baixos, de 0,15 até 0,50 são medianos e superiores a 0,50 são considerados altos (Resende, 2002).

O parâmetro  $c^2_{\text{bloc}}$  foi menor que a herdabilidade nos 3 sites, indicando que, para o caráter “tolerância a psíldio/ferrugem” os efeitos genéticos se sobressaem aos efeitos ambientais.

A acurácia apresentou valores de 0,83 em Buritizeiro/MG a 0,87 em Bocaiúva/MG, valores satisfatórios para seleção de famílias para introdução em programas de melhoramento genético. Segundo Resende e Duarte (2007), a acurácia deve estar acima de 0,70 para prosseguimento dos ciclos seletivos, e acima de 0,90 para recomendação final de cultivares.

Tabela 20 - Parâmetros genéticos para incidência de insetos e pragas em híbridos de eucalipto

PARAM.	BURITIZEIRO	BOCAIÚVA	INHAMBUPE
	VALOR	VALOR	VALOR
$h^2_a$	0,20	0,26	0,24
$c^2_{\text{bloc}}$	0,03	0,03	0,01
$h^2_{\text{mp}}$	0,76	0,80	0,93
$A_{\text{cprog}}$	0,83	0,87	0,85
$h^2_{\text{ad}}$	0,12	0,16	0,14
<b>Média geral</b>	<b>3,10</b>	<b>3,34</b>	<b>2,49</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

As médias gerais variaram de 2,49 a 3,10. Analisando-se de forma comparativa, observamos que a suscetibilidade ao psíldio-de-concha entre os materiais plantados foi maior nos sites de Buritizeiro/MG e Bocaiúva/MG do que em Inhambupe/BA à ferrugem. Podemos afirmar isso pois, mesmo sendo fontes diferentes de ataque às plantas, as avaliações utilizaram as mesmas escalas de nota. De forma que a média geral do experimento em Inhambupe foi

menor do que a nota de “ataque moderado” (3). Enquanto que as médias dos experimentos plantados nos dois sites em Minas Gerais foram superiores a 3.

#### 4.2 Avaliações em campo

Dentre os insetos e patógenos observados nos sites instalados em Minas Gerais, o único que apresentou, nos dois sites, distribuição generalizada em toda a área do plantio foi o psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*). Este inseto de origem australiana é uma das principais pragas do eucalipto, utilizando várias espécies do gênero *Eucalyptus* como hospedeiras, principalmente *E. camaldulensis* e *E. tereticornis* (FIRMINO-WINCKLER, 2009).

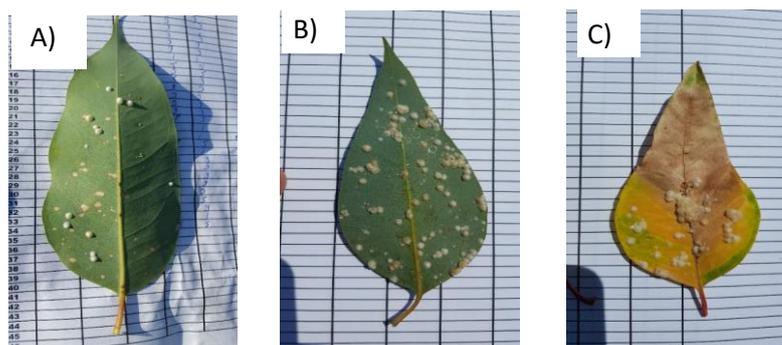
No site em Buritizeiro/MG, as áreas ao redor do talhão onde o experimento foi implantado apresentavam pouquíssimos indivíduos arbóreos, remanescente dos plantios comerciais que haviam na área antes da prolongada seca de 2012 a 2016. Este fator favoreceu o ataque de insetos locais às plantas do experimento, que se apresentavam quase exclusivamente como as únicas opções de alimentação para esses agentes. No site em Bocaiúva haviam plantios comerciais vizinhos ao talhão do experimento, o que pode ter proporcionado maior ataque de insetos.

Entre as plantas do experimento foram encontrados indivíduos severamente afetados com 100% de suas folhas tomadas pelo inseto, e também indivíduos que apresentaram sinais mínimos de infestação ou danos decorrentes do ataque de *G. brimblecombei*.

Os danos associados ao ataque deste inseto envolvem a redução no tamanho e deformação das folhas, necroses em áreas circulares sob os locais onde se encontram estruturas protetoras em forma de concha, formada pelo excremento açucarado expelido pelo inseto (Figura 1). Devido a sucção de seiva há a produção de mela e o aparecimento de fumagina. Assim, pode ocorrer também a redução na fotossíntese em função da quantidade da presença de “conchas” (VIEIRA *et al.*, 2017). Isso ocorre pelo recobrimento da área foliar, reduzindo a quantidade de luz interceptada e utilizada para realização da fotossíntese. Em plantas infestadas, é observada a super brotação de ponteiros (“envassouramento” – Figura 2). Este nível de infestação também ocasiona desfolha severa, levando a perda de produtividade pela diminuição da área foliar, o que pode comprometer de forma grave e irreversível os indivíduos. A área foliar é um importante parâmetro de produtividade, por estar fortemente associada à produção vegetal (MARTIN *et al.*, 2013) uma vez que é nas folhas que ocorre a fotossíntese (FAVARIN, 2002), processo fisiológico de crescimento e acúmulo de biomassa. A área foliar possui relação direta, principalmente, com a capacidade fotossintética e com a interceptação de luz (TAIZ; ZEIGER, 2004). Além disso, é na folha que ocorre a transpiração (MARACAJÁ *et al.*, 2008).

Portanto, uma redução na característica “área foliar” pode limitar a área para captura de luz e realização de fotossíntese.

Figura 6 - a) Conchas fabricadas pelo *G. brimblecombei* durante os primeiros instares, e necrose causada na folha. b) folha apresentando alta infestação do psilídio-de-concha c) folha severamente danificada pelo inseto, já em processo avançado de necrose e senescência. Observa-se nesta foto c) um acúmulo de insetos na nervura principal da folha, o que provavelmente causou danos ao sistema de condução, impedindo o fluxo de água e nutrientes para a ponta da folha, que entrou em processo de morte.



Fonte: Dados da pesquisa.

No experimento instalado em Inhambupe/BA, não foram encontrados psilídios de concha, como ocorridos nos sites Buritizeiro e Bocaiúva, em Minas Gerais. Em contrapartida, houve presença e distribuição generalizada do fungo *Austropuccinia psidii*, a ferrugem do eucalipto. De origem nativa, este fungo tornou-se uma doença muito comum e severa em eucaliptais do Brasil com menos de dois anos de idade (FERREIRA, 1983).

Figura 7 - Ponteira apresentando superbrotção e folhas retorcidas, decorrente do ataque do psilídio de concha. Na foto também se vê as conchas produzidas com excrementos açucarados pelo inseto sobre as folhas



Fonte: Dados da pesquisa.

O fungo ataca preferencialmente as folhas jovens e brotações, condição presente no experimento avaliado, provocando deformações e prejudicando a fotossíntese e o crescimento das árvores. A ferrugem pode levar à acentuadas quedas da produtividade de plantios em casos de maior severidade. Isso ocorre porque o fungo reduz a área fotossinteticamente ativa da planta, havendo menor área para captação de luz. Assim, há menor fixação de carbono e redução do crescimento da planta (AUER; SANTOS; BORA, 2010).

Além disso, a presença do agente estressor, faz com que a planta lance mão de mecanismos de defesa, principalmente em relação a produção de metabólitos secundários (estresse biótico) (JONES *et al.*, 1991; SANTOS, 2004; BENNETT; WALLSGROVE, 1994). Nestes casos, um dos mecanismos adotados é o aumento da produção de ácido jasmônico, principal fitohormônio relacionado a resposta a ataque de patógenos (DEUNER, 2015).

O principal sintoma de diagnose foi a intensa esporulação de coloração amarela sobre os órgãos afetados. Nos indivíduos afetados, foram observadas deformações, necroses, hipertrofia e morte de tecidos e ponteiros, sintomas semelhantes aos descritos por Alfenas *et al.* (2009) (Figura 3).

Figura 8 – a) Folhas apresentando pústulas evidenciando abundante produção de esporos de *Austropuccinia psidii*; b) e c) danos permanentes à folha acometida pela ferrugem e partes terminais de crescimento mortas em decorrência da incidência da ferrugem do eucalipto



Fonte: Dados da pesquisa.

Figura 9 - Partes terminais de crescimento mortas em decorrência da incidência da ferrugem do eucalipto



Fonte: Dados da pesquisa.

### 4.3 Índices de seleção para produtividade e tolerância a insetos e doenças

#### 4.3.1 Índice multiplicativo

Para o site Buritizeiro/MG, o índice multiplicativo apresentou ganhos de 2% e 8% em relação à melhor testemunha do teste. As duas melhores famílias classificadas no site foram GG918 x GG4302 (*E. camaldulensis* x *E. brassiana*) e VM4 x CAM (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*).

As demais famílias do experimento apresentaram ganhos negativos em relação à melhor testemunha (GG1980 – *E. urophylla* HE). O que evidencia que analisando de forma conjunta a produtividade e a suscetibilidade ao psilídio-de-concha, o clone GG 1980 apresentou desempenho superior à 99% das famílias testadas.

Comparando-se a classificação das duas famílias que apresentaram ganhos reais em relação à melhor testemunha, com a classificação que receberam na análise individual de volume (Capítulo 1), vemos que o primeiro colocado (GG918 x GG4302 (*E. camaldulensis* x *E. brassiana*)) foi o 4º da lista quando avaliado apenas em relação ao IMA1. Evidenciando que a análise conjunta foi favorável a esta progênie, que, mesmo não apresentando a maior produtividade entre as famílias, apresentou o melhor índice de produtividade associada à menor incidência do *G. brimblecomblei*. Em relação à família VM4 x CAM (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*), está ocupou a mesma posição (2º lugar), nos dois rankings (análise individual para IMA1 e análise conjunta para IMA1 e suscetibilidade ao psilídio-de-concha). Confirmando o potencial da família em atingir boas produtividades mesmo em condições de déficit hídrico, e ainda apresentar bom desempenho em relação à tolerância ao ataque do psilídio.

Tabela 21 - Classificação dos materiais híbridos para produtividade e suscetibilidade a pragas e doenças e ganho em relação

ÍNDICE	ORDEM	BURITIZEIRO			BOCAIÚVA			INHAMBUPE		
		FAMÍLIA	VALOR	GANHO	FAMÍLIA	VALOR	GANHO	FAMÍLIA	VALOR	GANHO
IM	1	GG918xGG4302	4,96	8%	AEC2034xTER	7,51	14%	GG1883xGG3389	13,83	42%
IM	2	VM4xCAM	4,71	2%	GG4304xVM1	7,34	11%	GG3389xVM7	13,08	34%
IM	3	GG918xVT4	4,46	-3%	AEC2034xCAM	7,29	11%	GG682xGG3389	12,36	27%
IM	4	GG2034xGG4386	4,44	-4%	GGx4383xAEC3000	7,13	8%	GG1883xGG2034	12,23	26%
IM	5	GG2759xGG4302	4,43	-4%	VM4xVT4	7,09	8%	VM7xVCC2880	11,75	21%
IM	6	AEC2034xLR830	4,25	-8%	CNB16xCNB16	6,91	5%	GG3389xGG4383	11,73	20%
IM	7	VM1xVT4	4,22	-8%	AEC3000xTER	6,88	4%	GG3389xCNB16	11,69	20%
IM	8	GG3389xGG4383	4,15	-10%	VM4xVS2	6,87	4%	GG682xGG682	11,52	18%
IM	9	AEC2034xTER	4,15	-10%	GG2759xGG4302	6,75	2%	GG3389xGG4304	11,45	18%
IM	10	GG918xPEL	4,13	-10%	GG4302xGG4304	6,67	1%	GG1883xVM7	11,37	17%
IM	11	AEC2034xLR831	4,13	-11%	GG4304xVM4	6,64	1%	GG2034xGG3389	11,36	17%
IM	12	VM1xVS2	4,1	-11%	GG918xGG4386	6,5	-1%	GG3389xGG4302	11,34	16%
IM	13	GG918xGG4386	4,08	-12%	CNB16xVT4	6,48	-2%	GG3389xGG3633	11,33	16%
IM	14	GG2034xGG4302	4,05	-12%	VM1xTER	6,39	-3%	GG1883xGG1883	11,2	15%
IM	15	GG3389xGG4304	4,03	-13%	CNB16xBRA	6,38	-3%	GG1883xAEC3000	11,17	15%
IM	16	GG682xGG4302	3,99	-13%	VM7xLON	6,38	-3%	GG3389xVS62	11,14	14%
IM	17	AEC3000xVM1	3,97	-14%	CNB16xCAM	6,27	-5%	GG1883xVCC2880	11,02	13%
IM	18	GG1883xGG4304	3,96	-14%	GG918xVCC2880	6,26	-5%	GG2034xAEC2197	10,95	12%
IM	19	GG918xGG4304	3,95	-14%	GG2034xAEC2197	6,17	-6%	GG918xCNB16	10,93	12%
IM	20	GG682xGG4383	3,95	-14%	GG4302xGG4302	6,14	-7%	GG3389xBRA	10,92	12%

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 22 - Classificação das testemunhas segundo índice multiplicativo, para cada site

ORDEM	BURITIZEIRO		BOCAIUVA		INHAMBUPE	
	TESTEMUNHA	GANHO	TESTEMUNHA	GANHO	TESTEMUNHA	GANHO
1	GG1980	4,61	GG1980	6,59	GG1980	9,74
2	GG1923	3,31	VM1	6,48	GG2673	5,50
3	GG2673	3,31	GG2673	4,93	I144	5,13
4	VM1	1,86	I144	4,01	VM1	4,98
5	AEC1528	0,72	GG1923	3,97	AEC1528	3,65
<b>6</b>	<b>I144</b>	<b>0,35</b>	<b>AEC1528</b>	<b>3,83</b>	<b>GG1923</b>	<b>3,19</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

Para o site Bocaiúva/MG, o índice multiplicativo apresentou ganhos de 1% a 14% em relação a melhor testemunha do teste, que foi o clone GG1980. Repetindo o desempenho superior deste material em relação às outras testemunhas, assim como no site Buritizeiro/MG. As duas melhores famílias classificadas no site foram AEC2034 x TER ((*E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*)) x (*E. tereticornis*)) e GG4304 x VM1 ((*E. urophylla* x *E. tereticornis*) x (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*)), com ganhos de 14% e 11%, respectivamente.

Apenas as 11 primeiras famílias do ranking apresentaram ganhos positivos sobre a melhor testemunha (GG1980 – *E. urophylla* HE). Evidenciando que, analisando de forma conjunta a produtividade e a suscetibilidade ao psilídio-de-concha, o clone GG 1980 apresentou desempenho superior à 94% das famílias testadas.

Comparando-se a classificação das duas famílias melhores classificadas no ranking do índice multiplicativo em relação ao ranking de seleção apenas para volume, percebe-se que a família de melhor índice foi AEC2034 x TER ((*E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*)) x (*E. tereticornis*)). Esta família, havia ocupado a 5ª colocação no ranking de seleção para IMA1. Em relação à segunda família de melhor índice (GG4304 x VM1 ((*E. urophylla* x *E. tereticornis*) x (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*))), esta ocupava a 6ª posição no ranking de seleção para volume. Assim como no site Buritizeiro/MG, a análise conjunta indica que, mesmo não apresentando a maior produtividade entre as famílias, a seleção de materiais com menor suscetibilidade à incidência do *G. brimblecomblei* pode ser mais vantajosa, sobretudo se considerarmos que, apesar do ataque mais severo de psilídios ainda não estar comprometendo as famílias mais produtivas, isso pode vir a ser fator de extrema importância em um horizonte próximo.

Projetando-se cenários de déficit hídrico intenso e prolongado, o estado fitossanitário das plantas pode ser exercer fortes influências na produtividade e até mesmo na sobrevivência destes indivíduos. Isso acontece por que as plantas não são passivas a esses estresses, e acionam mecanismos de defesa que demandam gasto de energia (PINHEIRO *et al.*, 1999; LARA, 1991).

Associada à redução da área de fotossíntese causada pelas necroses e desfolha da planta (WILCKEN *et al.*, 2005), o acionamento destes mecanismos pode comprometer ainda mais o vigor dos indivíduos.

Para o site Inhambupe/BA, o índice multiplicativo apresentou ganhos de 12% (GG3389Xbra), a 42% (GG1883xGG3389), em relação à melhor testemunha do teste (clone GG1980). Consolidando assim, este clone como a testemunha de melhor desempenho nos três sites pela classificação do índice multiplicativo. As duas primeiras posições do ranking em relação ao índice foram GG1883 x GG3389 (*E. urophylla* x *E. urophylla* HE) e GG3389 x VM7 (*E. urophylla* HE x *E. urophylla* HE), com ganhos de 14% e 11%, respectivamente.

Todas as 20 primeiras famílias do ranking apresentaram ganhos positivos expressivos sobre a melhor testemunha (GG1980 – *E. urophylla* HE). Considerando-se todas as famílias avaliadas, 43 progênies apresentaram ganhos positivos (1% a 42%), em relação ao clone GG1980, representando 19% dos materiais genéticos testados.

As três famílias melhores classificadas no ranking do índice multiplicativo não apareceram entre as 20 melhores famílias para IMA1. As três melhores progênies selecionadas para IMA1 no Capítulo 1, para o site Inhambupe/BA foram GG918 x VS02 (*E. camaldulensis* x *E. camaldulensis*), GG1883 x GG3633 (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*) e VM4 x VS02 (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*). No ranking do índice multiplicativo, essas famílias ocuparam as posições 92º, 142º e 81º entre as 224 famílias do teste, com ganhos negativos de -12%, -19% e -9% em relação ao GG1980, melhor testemunha do ensaio. Apesar da grande mudança no ranqueamento destes materiais, ao analisarmos as perdas em relação ao clone GG1980, as variações entre os dois rankings (IMA1 e IM) diminuí. Para IMA1, as perdas destas famílias em função da testemunha superior variaram entre 13% e 14%, enquanto para o índice multiplicativo, as perdas estiveram entre 9 e 19%.

O bom desempenho do clone GG1980 (*E. urophylla* HE) nos três sites, e frente a grande parte dos materiais testados, foi evidente. Este clone foi desenvolvido pela Gerdau Florestal em seu programa interno de melhoramento, na região de Três Marias/MG, área também inserida em região de déficit hídrico prolongado, próximo ao norte de Minas Gerais, o que pode contribuir para o notável desempenho que apresentou nos testes.

#### 4.3.2 Índice Mulamba-rank

O índice Mulamba-rank reclassifica as progênies em função da posição que cada família ocupa nos rankings individuais para cada parâmetro avaliado. A Tabela 4 apresenta as 20 famílias mais bem classificadas segundo Mulamba-rank, e as posições que estas famílias

receberam após classificação para IMA1 e incidência de psilídio-de-concha (para os sites Buritizeiro e Bocaiúva/MG) e ferrugem (site Inhambupe/BA).

Analisando-se o site Buritizeiro/MG, as três primeiras famílias do ranking foram VM4xVS2 (*E. urophylla* HE x *E. camaldulensis*), AEC2034xLON ((*E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*)) x (*E. longirostrata*)) e GG1883xAEC2034 ((*E. urophylla*) x (*E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*))). Quando analisado de forma separada para as duas variáveis, o primeiro material classificado no ranking havia assumido as posições de 21º e 22º lugar para IMA1 e suscetibilidade ao psilídio-de-concha, respectivamente. Esse resultado evidencia uma grande variabilidade no comportamento das progênies para os dois parâmetros, pois nenhum dos 20 melhores cruzamentos para IMA1 se classificaram entre os 20 primeiros do ranking relativo à incidência de *G. brimblecomblei*.

Para o site Bocaiúva/MG, as famílias que ocuparam as três primeiras posições do ranking Mulamba-rank foram GG682xAEC2034 ((*E. urophylla* x *E. grandis*) x (*E. urophylla* x (*E. camaldulensis* x *E. grandis*))), GG2034xGG2759 ((*E. grandis* HE) x (*E. urophylla*)), GG3633xVM4 (*E. camaldulensis* x *E. urophylla* HE). Diferentemente do que foi observado no site em Buritizeiro/MG, as duas primeiras famílias do ranking Mulamba-rank (GG682xAEC2034 e GG2034xGG2759) também foram listadas entre as 20 melhores famílias para IMA1 e suscetibilidade à *G. brimblecomblei*, quando analisados de forma individual, reforçando o potencial destas progênies visando resgate de materiais para reintrodução em programas de melhoramento para locais de baixa precipitação e/ou com alta incidência de psilídio-de-concha.

Em relação ao site Buritizeiro/BA, o cruzamento VM1xCAM ((*E. urophylla* x *E. camaldulensis*) x (*E. camaldulensis*)) apresentou boa regularidade de classificação para os dois parâmetros avaliados (IMA1 e suscetibilidade à *G. brimblecomblei*), sendo classificado em 7º e 5º posições, respectivamente. Com o valor de IMR (Índice Mulamba-rank) de 6,0, essa família foi a mais bem classificada entre as progênies em Inhambupe/BA. As famílias classificadas em segundo e terceiro lugar no ranking também apresentaram IMR's relativamente baixos (10,5 e 15,5). Estas progênies também foram classificadas entre as 20 melhores famílias nos rankings individuais para IMA1 e incidência de psilídio-de-concha, se apresentando como materiais de relevante interesse para seleção visando qualquer uma das duas características, e considerando-se seleção conjunta para as duas características.

Dentre os materiais ranqueados via IMR nos 3 sites, apenas 6 cruzamentos apareceram entre os 20 melhores materiais em 2 dos 3 sites. Nenhum destes materiais foram classificados para os 3 sites (Tabela 4), reforçando a conclusão obtida no primeiro capítulo deste trabalho,

onde a recomendação geral de famílias para os 3 sites não foi indicada em função da baixa correlação (rgloc) observada entre os sites.

Tabela 23 -Cruzamentos classificados entre os 20 primeiros em mais de 1 site

Cruzamentos classificados entre os 20 primeiros em mais de 1 site

CRUZAMENTO	BURITIZEIRO	BOCAIÚVA	INHAMBUPE
	POSIÇÃO IMR	POSIÇÃO IMR	POSIÇÃO IMR
GG1883xGG1883	7°	6°	-
GG2034xGG4386	5°	-	8°
GG3633xGG4302	-	12°	6°
VM1xPEL	-	17°	19°
VM4xTER	-	10°	11°
<b>VM4xVS2</b>	<b>1°</b>	<b>18°</b>	-

Fonte: Dados da pesquisa.

Ressalta-se também o desempenho do clone VM4 como genitor em famílias bem ranqueadas nos 3 sites, participando como mãe ou pai em cruzamentos que estiveram entre os 3 melhores classificados em todos os sites (VM4xVS2 em Buritizeiro, GG3633xVM4 em Bocaiúva e AEC30000xVM4 em Inhambupe).

Tabela 24 - Classificação do índice Mulamba-rank de materiais híbridos de eucalipto para produtividade e suscetibilidade a pragas e doenças

INDICE	ORDEM	BURITIZEIRO				BOCAIUVA				INHAMBUPE			
		FAMÍLIA	IMR	RANK IMA	RANK PSILÍDIO	FAMÍLIA	IMR	RANK IMA	RANK PSILÍDIO	FAMÍLIA	IMR	RANK IMA	RANK FERRUGEM
MR	1	VM4xVS2	21,50	21	22	GG682xAEC2034	11,50	9	14	VM1xCAM	6,00	7	5
MR	2	AEC2034xLON	37,50	63	12	GG2034xGG2759	16,50	17	16	GG2759xVS02	10,50	8	13
MR	3	GG1883xAEC2034	43,50	66	21	GG3633xVM4	19,00	34	4	AEC30000xVM4	15,50	12	19
MR	4	AEC2034xLR831	44,00	3	85	VM4xVM7	21,50	28	15	VM1xRES	17,00	14	20
MR	5	GG2034xGG4386	44,00	1	87	GG2034xAEC2197	26,00	10	42	AEC2034xVCC2880	18,50	19	18
MR	6	GG1883xBRA	46,00	91	1	GG1883xGG1883	26,50	43	10	GG3633xGG4302	21,00	40	2
MR	7	GG1883xGG1883	46,00	88	4	GG1883xVCC2880	29,50	56	3	GG2759xGG4383	22,50	15	30
MR	8	VM1xLON	48,50	56	41	GG1883xGG2759	29,50	33	26	GG2034xGG4386	22,50	13	32
MR	9	GG2034xGG4304	49,50	29	70	GG1883xPEL	30,50	26	35	GG4302xAEC2197	24,50	26	23
MR	10	GG1883xGG4304	50,00	6	94	VM4xTER	35,00	51	19	VM1xVM4	26,00	28	24
MR	11	VM4xVCC2880	51,50	78	25	VM4xBRA	35,00	40	30	VM4xTER	32,00	47	17
MR	12	GG2034xVT4	55,00	76	34	GG3633xGG4302	35,50	30	41	GG4383xGG4383	34,50	4	65
MR	13	VM7xVS2	56,00	49	63	VM4xVT4	38,50	1	76	VM7xTER	36,00	46	26
MR	14	GG3389xGG4386	56,00	46	66	GG3389xAEC2034	39,00	76	2	GG1883xGG3633	37,00	2	72
MR	15	GG682xGG927	56,50	54	59	AEC2034xRES	41,50	12	71	VM7xVS62	40,50	18	63
MR	16	GG682xGG4302	58,00	7	109	CNB16xBRA	43,50	7	80	GG2759xAEC2034	42,00	37	47
MR	17	GG2034xAEC2034	58,50	48	69	VM1xPEL	43,50	39	48	GG2759xCNB16	42,50	6	79
MR	18	AEC3000xVM4	59,50	33	86	VM4xVS2	44,50	3	86	AEC3000XVS2	44,00	21	67
MR	19	GG3633xAEC3000	59,50	96	23	GG1883xVS2	44,50	36	53	VM1xPEL	44,50	74	15
MR	20	GG2034xVM4	60,50	59	62	VM7xLON	45,00	8	82	GG682xGG2759	44,50	77	12

Fonte: Dados da pesquisa

## 5. CONCLUSÕES

A metodologia utilizada para quantificar a tolerância a pragas e doenças mediante a atribuição de notas a partir de critérios pré-definidos, demonstrou-se adequada para mensurar a tolerância de diferentes materiais genéticos a pragas e doenças.

As escalas de notas utilizadas, permitiram gerar um Índice de Seleção eficiente unindo-se a Tolerância (via notas) com o crescimento volumétrico (adaptação) da floresta. Foram observadas herdabilidades para as características de tolerância ao psilídio-de-concha (Buritizeiro e Bocaiúva/MG) e à ferrugem do eucalipto (Inhambupe).

Os sites apresentaram rankings divergentes em relação aos materiais superiores para cada local, confirmando a não recomendação geral de materiais para as três áreas. A recomendação deve ser feita individual para cada site, pois existe interação genótipos x ambientes.

As médias gerais dos testes indicam que os ataques de psilídio-de-concha nos sites em Minas Gerais foram mais intensos (médias acima de 3) do que a infestação de ferrugem nos materiais plantados em Inhambupe (que foi o principal efeito biótico nesse site). A testemunha de melhor desempenho em todos os sites para crescimento e tolerância aos estresses avaliados foi o clone GG1980.

Os dois índices gerados (multiplicativo e Mulamba-rank) utilizam metodologias diferentes para classificar os materiais, podendo ter aplicabilidade mediante os objetivos do programa de melhoramento e as táticas adotadas pelos melhoristas.

Utilizando o ranking de seleção para IMA1 como medida de comparação entre os índices gerados neste trabalho, o Índice Multiplicativo (IM) apresentou maior semelhança entre os materiais ranqueados apenas por volume e os materiais selecionados por volume e tolerância a psilídio-de-concha e ferrugem.

Esta dissertação apresenta uma proposta inovadora, poucas vezes vista na literatura, de unir a seleção por crescimento em volume (tolerância seca) e tolerância genética a pragas e doenças. Os índices criados apresentam-se adequados e podem ser utilizados na prática em programas de melhoramento florestal.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros genéticos de herdabilidade para volume aos 6 meses variaram de baixos a moderados, apresentando o maior valor no site de Buritizeiro/MG. Todos os parâmetros avaliados.

A análise conjunta dos três sites resultou em baixa correlação entre os locais, não sendo indicada uma recomendação geral de clones para os locais avaliados.

Buritizeiro-MG é o local mais adequado para se praticar a seleção precoce aos 6 meses de idade para o caráter IMA, possibilitando maiores ganhos de seleção e maior variabilidade genética entre os genótipos.

Os cruzamentos entre (*E. urophylla HE*) x (*E. camaldulensis*) se destacaram na avaliação de potenciais progênes, potenciais genitores e potenciais clones tolerantes ao déficit hídrica para o caráter IMA.

As famílias onde existem cruzamentos híbridos multi-espécies (com 3 ou mais genitores) apresentaram bom desempenho e adaptação nos três sites, o que demonstra potencial a ser explorado na produção de híbridos multi-espécies como estratégia de melhoramento para o gênero *Eucalyptus* em áreas secas do Brasil.

Cruzamentos envolvendo *E. camaldulensis*, *E. brassiana* e *E. pellita* estiveram entre as primeiras posições dos rankings, confirmando o acerto na estratégia de introdução de pólenes de espécies puras na matriz de cruzamentos. Empresas florestais que atuam em regiões de déficit hídrico podem trabalhar o melhoramento via hibridação dessas espécies para obter melhor adaptação aos sites.

A utilização da metodologia de atribuição de notas para quantificar a tolerância a pragas e doenças se mostrou eficiente, permitindo realizar a análise genética deste parâmetro e realizar nova classificação das famílias em função dos resultados obtidos.

As avaliações realizadas permitiram gerar um Índice de Seleção eficiente, associando-se a tolerância à pragas e doenças com o crescimento volumétrico da floresta.

A testemunha de melhor desempenho em todos os sites na avaliação de crescimento e tolerância aos estresses avaliados foi o clone GG1980.

Em relação à seleção para IMA1, o Índice Multiplicativo (IM) apresentou maior proximidade entre os materiais classificados apenas pela produtividade (IMA) e os materiais selecionados por volume e tolerância a pragas e doenças.

Foi desenvolvida e apresentada neste trabalho uma proposta inovadora de unir a seleção por crescimento em volume (tolerância seca) e tolerância genética a pragas e doenças. Os índices gerados podem ser utilizados na prática em programas de melhoramento florestal, mediante alinhamento com os objetivos do programa

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 500 p.
- ANDREJOW, G. M. P. **Identificação de espécies de eucalipto e melhoramento genético para regiões com ocorrência de geadas**. 2018. Tese. Doutorado em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.
- ASSIS, T. F. Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3., 2015, Campinas. **Anais [...]** Colombo: Embrapa Florestas, 2015. p. 127-148.
- AUER, C. G.; SANTOS, Á. F.; BORA, K. C. **A ferrugem do eucalipto na região Sul do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010.
- AWE, J. O.; SHEPHERD, K. R.; FLORENCE, R.G. Root development in provenances of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. **Australian Forest**, [s.l.], v. 85, p. 201-209, 1976.
- BENNETT, R. N.; WALLSGROVE, R. M. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. **New Phytologist**, [s.l.], v. 127, n. 4, p. 617-633, 1994.
- CONDÉ, S. A. Biomarcadores fenotípicos para seleção precoce de clones de eucalipto tolerantes à seca de ponteiros associada ao déficit hídrico – Viçosa, MG, 2019.
- CRUZ, C.D. Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas. 1990. 188f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- CRUZ, C. D. Programa Genes: estatística experimental e matrizes. [Viçosa, MG]: UFV, 2006.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2012. 480p.
- DEUNER, C. *et al.* Ácido jasmônico como promotor de resistência em plantas. **Rev. de Ciências Agrárias, Lisboa**, v. 38, n. 3, p. 275-281, set. 2015.
- DICKERSON, G. E.; BLUNN, C. T.; CHAPMAN, A. G.; KOTTMAN, R. M.; KRIDDER, J. L.; WARWICK, E. J.; WHATLEY JUNIOR, J. A.; BAKER, M. L.; WINTERS, L. M. Evaluation of developing inbred lines of swine. Columbia: University of Missouri, Agricultural Experiment Station, 1954. 60 p.
- ELOY, E.; CARON, B. O.; TREVISAN, R.; ELLI, E.F.; MONTEIRO, G.C. Ocorrência de geadas nas espécies florestais *Acacia mearnsii* e *Eucalyptus grandis* na região norte do Rio Grande do Sul. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16, p.1626-1633, 2013.
- ELSTON AB, R. C. A weight free index for the purpose of ranking or selection with respect to several traits at a time. **Biometrics**, West Sussex, v. 19, p. 85-97, 1963.

**FALKENHAGEN**, E.R. Understanding multiple trait index selection and its problems. South African Forestry Journal, Pretoria, n.137, p. 26-32, 1986.

**FAVARIN**, J. L.; **NETO**, D. D.; **GARCÍA**, A. G.; **NOVA**, N. A. V.; **FAVARIN**, M. G. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, [s.l.], v. 37, n. 6, p. 769-773, jun. 2002.

**FERREIRA**, F. A. Ferrugem do eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 7, n. 2, p. 23-27, 1983.

**FERREIRA**, R. A. D.; **RAMALHO**, M. A. P.; **TOLEDO**, F. H. R. B.; **ABREU**, A. F. B. Implications of the number of years assessment recommendation of common bean cultivars. **Plant Breeding**, [s.l.], v. 334, p. 599-604, 2015.

**GARCIA**, A. A. F. Índice para a seleção de cultivares. 1998. 112 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

**HAZEL**, L.N. & **LUSH**, J.L. The efficiency of three methods of selection. *J. Hered*, 33:393399, 1942

**HAZEL**, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, Austin, v. 28, n. 6, p. 476-490, 1943.

**IBÁ** - Indústria Brasileira de produtores de Árvores. **Relatório IBÁ 2020 ano base 2019**. Brasília: 2020. 66 p. Disponível em: <https://iba.org/publicacoes>. Acesso em: 09 out. 2020.

**IEDE**, E. T.; **PENTEADO**, S. do R. C. Detecção e controle das principais pragas de importância quarentenária – *Sirex noctilio* no Brasil. In: *SILVOTECNA*, 14., 2000, Concepción. Plagas cuarentenarias: riesgos para el sector forestal y efectos en el comercio internacional: **Actas** [...] Concepción: CORMA, 2000. 1 CDROM.

**IEDE**, E. T.; **PENTEADO**, S. R. C.; **REIS-FILHO**, W. Uso do entomopatógeno *Deladenus siricidicola* em *Pinus*. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA**, 24., 2003, Petrolina. Resumos... Petrolina: SBN, 2003. p. 47-49.

**JONES**, C. G.; **FIRN**, R. D.; **MALCOLM**, S.B. On the evolution of plant secondary chemical diversity. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, v. 333, n. 1267, p.273-280. 1991.

**LARA**, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1991.

**MARACAJÁ**, P. B.; **MADALENA**, J. A. S.; **ARAÚJO**, E.; **LIMA**, B. G.; **LINHARES**, P. C. F. Estimativa de área foliar de juazeiro por dimensões lineares do limbo foliar. **Revista Verde**, [s.l.], v. 3, n. 4, p. 0-05, out./dez. 2008.

**MARTINS**, I. S.; **CRUZ**, C. D.; **REGAZZI**, A. J.; **PIRES**, I. E. Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 327-333, 2003.

MARTIN, T. N.; MARCHESE, J. A.; SOUSA, A. K. F.; CURTI, H. F.; CUNHA, V. S. Uso do *software* ImageJ na estimativa de área foliar para a cultura do feijão. **Interciência**, [s.l.], v 38, n. 12, p. 844. 2013.

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. **Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits**. Egypt Journal of Genetics and Cytology, Alexandria, v.7, p.40-51, 1978 ab.

PEREIRA, J. S.; KOZLOWSKY, T. T. Leaf anatomy and water relations of *Eucalyptus camaldulensis* and *E. globulus* seedlings. **Canadian Journal Botanic**, [s.l.], v. 54, p. 2868-2880, 1976.

PINHEIRO, M. M.; SANDRONI, M.; LUMMERZHEIM, M.; OLIVEIRO, D. E. A defesa das plantas contra as doenças. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 147, p. 1-11. 1999.

POERWOK, M. S. (2016). Breeding of The Soybean Varieties, **Aged Maturity and Resistant To Rust Disease**. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 9, 197–201.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 3ª ed. Lavras: UFLA, 328p, 2012.

RESENDE, M. D. V. *Software* Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 16, n. 4, p. 330-339, dez. 2016.

SANTOS, F. S.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; RANGEL, R. M.; PEREIRA, M. G. Predição de ganhos genéticos por índice de seleção na população de Milho-Pipoca UNB-2U sob Seleção Recorrente. *Brangantia*, Campinas, v. 66, n. 3, p. 389-396, 2007.

SANTOS, A. F. dos; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JUNIOR, A. **Doenças do eucalipto no sul do Brasil**: identificação e controle. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 20 p. (Embrapa Florestas. Circular técnica, 45).

SANTOS, R. I. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. *In*: SIMÕES, C. M. O. **Farmacognosia**: da planta ao medicamento. 5. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/ Editora da UFSC, 2004. p. 403-434.

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. *Annual Eugenics*, v.7, p.240-250, 1936.

SMITH, O. S.; HALLAUER, A. R.; RUSSELL, W. A. Use of index selection in recurrent selection programs in maize. *Euphytica*, Dordrecht, v. 30, n. 3, p. 611-618, 1981.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

VASCONCELOS, E. S., Ferreira, R. P., Cruz, C. D., Moreira, A., Rassini, J. B., & Freitas, A. R. (2010). **Estimativas de ganho genético por diferentes critérios de seleção em genótipos de alfafa**. *Revista Ceres*, 57, 205-210.

WILCKEN, C.; SÁ, L.; FIRMINO, D.; COUTO, E.; FILHO, P. J.; FRANCHIM, T. **Controle Biológico do psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei*) (Hemiptera: Psyllidae) em**

**florestas de eucalipto.** 201. Conference: 3er. IBEROLAB - Tercer Congreso Virtual Iberoamericano sobre Gestión de Calidad en Laboratorios Volume: 1, 2005.

**WILLIAMS, J. S.** The evaluation of a selection index. Biometrics, North Carolina, v. 18, p. 375-393, 1962.

## ANEXOS

Tabela 25 - Combinação de espécies encontradas entre os genótipos avaliados

N	Híbridos	N	Híbridos
1	( <i>E. urophylla</i> HE) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )	54	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )
2	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. brassiana</i> )	55	( <i>E. urophylla</i> HE) x (x)
3	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )	56	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
4	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )	57	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. longirostrata</i> )
5	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )	58	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. pellita</i> )
6	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )	59	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. resinifera</i> )
7	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))	60	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. tereticornis</i> )
8	(( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )	61	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
9	( <i>E. brassiana</i> ) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )	62	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
1	( <i>E. brassiana</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )	63	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )
0		64	( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> )) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
1	( <i>E. brassiana</i> ) x ( <i>E. grandis</i> HE)	65	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
1	( <i>E. brassiana</i> ) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )	66	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
2		67	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. longirostrata</i> )
1	( <i>E. brassiana</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))	68	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. pellita</i> )
3		69	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. resinifera</i> )
1	( <i>E. brassiana</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )	70	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. tereticornis</i> )
4		71	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
1	( <i>E. camaldulensis</i> ) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )	72	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
5		73	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )
1	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )	74	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
6		75	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
1	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )	76	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. grandis</i> HE)
7		77	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )
1	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )	78	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. pellita</i> )
8		79	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. tereticornis</i> )
1	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. pellita</i> )	80	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
9		81	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
2	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. resinifera</i> )	82	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )
0		83	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
2	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. tereticornis</i> )	84	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )
1		85	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> )
2	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)	86	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> ) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )
2	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))	87	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
3		88	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
2	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )	89	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
4			
2	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )		
5			
2	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )		
6			
2	( <i>E. camaldulensis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> )		
7			
2	( <i>E. grandis</i> HE) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )		
8			
2	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. brassiana</i> )		
9			
3	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. camaldulensis</i> )		
0			
3	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. grandis</i> HE)		
1			
3	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )		
2			
3	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. pellita</i> )		
3			
3	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. tereticornis</i> )		
4			
3	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> HE)		
5			
3	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))		
6			

N	Híbridos	N	Híbridos
3	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )	90	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )
7		91	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
3	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )	92	( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )
8		93	( <i>E. urophylla</i> ) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )
3	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )	94	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. brassiana</i> )
9		95	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. camaldulensis</i> )
4	( <i>E. grandis</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> )	96	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. grandis</i> HE)
0		97	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )
4	( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))	98	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. pellita</i> )
1		99	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. tereticornis</i> )
4	( <i>E. urophylla</i> HE) x (( <i>E. grandis</i> x <i>E. brassiana</i> ) x <i>E. pellita</i> )	100	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> HE)
2		101	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))
4	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. brassiana</i> )	102	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )
3		103	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )
4	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. camaldulensis</i> )	104	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i> )
4	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. longirostrata</i> )	105	( <i>E. urophylla</i> ) x ( <i>E. urophylla</i> )
5			
4	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. pellita</i> x <i>E. brassiana</i> )		
6			
4	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. pellita</i> )		
7			
4	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. resinifera</i> )		
8			
4	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. tereticornis</i> )		
9			
5	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> HE)		
0			
5	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x ( <i>E. camaldulensis</i> x <i>E. grandis</i> ))		
1			
5	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i> )		
2			
5	( <i>E. urophylla</i> HE) x ( <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i> )		
3			

Fonte: Dados da pesquisa.