

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 25/01/2020.

GABRIEL DE RESENDE BARONI

**CRESCIMENTO INICIAL E PARÂMETROS GENÉTICOS DE POPULAÇÕES
PARA MELHORAMENTO DE *Corymbia* spp. e *Eucalyptus pilularis* Smith**

Botucatu

2018

GABRIEL DE RESENDE BARONI

**CRESCIMENTO INICIAL E PARÂMETROS GENÉTICOS DE POPULAÇÕES
PARA MELHORAMENTO DE *Corymbia* spp. E *Eucalyptus pilularis* Smith**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais (Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal).

Orientador: Dr. Paulo Henrique Müller da Silva

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

B266c Baroni, Gabriel de Resende, 1992-
Crescimento inicial e parâmetros genéticos de populações para melhoramento de *Corymbia* spp. e *Eucalyptus pilularis* Smith / Gabriel de Resende Baroni. - Botucatu: [s.n.], 2018
88 p.: fots. color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018
Orientador: Paulo Henrique Müller da Silva
Inclui bibliografia

1. Árvores - Melhoramento genético. 2. Espécies florestais. 3. Ferrugem nas árvores. I. Silva, Paulo Henrique Müller da. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

Elaborada Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

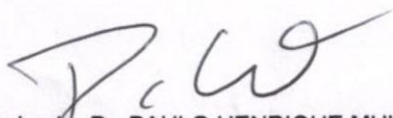
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CRESCIMENTO INICIAL E PARÂMETROS GENÉTICOS DE
POPULAÇÕES PARA MELHORAMENTO DE *Corymbia* spp.
E *Eucalyptus pilularis* Smith

AUTOR: GABRIEL DE RESENDE BARONI

ORIENTADOR: PAULO HENRIQUE MULLER DA SILVA

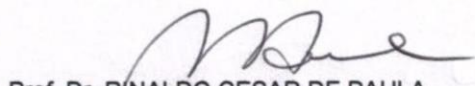
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA FLORESTAL,
pela Comissão Examinadora:



Pesquisador Dr. PAULO HENRIQUE MULLER DA SILVA
IPEF / Instituto de Pesquisas e Estudo Florestais - Piracicaba/SP



Dr. LEO ZIMBACK
Floresta Estadual de Botucatu / Instituto Florestal do Estado de São Paulo



Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Botucatu, 25 de janeiro de 2018

AGRADECIMENTOS

À FCA/Unesp por ser a instituição formadora, por meio dessa obtive o meu título de Mestre em Ciências Florestais e enriqueci minha formação profissional.

À Capes pela concessão da bolsa.

Às instituições associadas ao Programa Cooperativo de Melhoramento Florestal, por disponibilizar recursos ao desenvolvimentos dos trabalhos.

À Universidade Federal de Lavras, pois é a instituição responsável por minha graduação e aonde meus olhos abriram para a carreira acadêmica.

Ao Dr. Paulo Henrique pela orientação, paciência e conhecimentos compartilhados.

Aos Dr. Rinaldo e Dr. Léo por aceitarem ser banca examinadora e pelas sugestões.

Ao Eveli, funcionário do IPEF, que é meu companheiro de campo e ajudou em todas as mensurações e sempre compartilhou seu precioso conhecimento.

Ao Rildo, Lourival e todos os funcionários da Horta Florestal de Itatinga – SP que contribuíram com o apoio e conhecimentos compartilhados.

Às meus amados pais Romeo e Edna e minha à irmã Naimara que sempre deram apoio incondicional e amor. Se hoje sou uma boa pessoa, eles são os grandes responsáveis por isso.

À minha amada e meiga namorada Ariane pelo amor e o apoio. Com ela ao meu lado o caminho se torna mais suave e divertido.

Aos meus amigos da República Zona Azul: Baiano, Higo, Macarrão, Matraca, Mongol, Nilton, Porca, Vitoldo e Vinicius pelo apoio, bons momentos e festas e risadas.

Aos demais os membros da minha família (avós, tios, tias e primos) pelo apoio e a torcida para que tudo desse certo.

Ao Instituto Federal do Sul de Minas Gerais aonde minha carreira profissional começou e meus olhos se abriram para uma formação profissional mais completa.

À todos os meus amigos pelo apoio e torcida, em especial ao Rodolfo, Diego e Mateus.

À todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento do trabalho.

Às instituições educadoras por onde passei. Uma instituição educadora tem o poder de mudar a vida inteira de um aluno.

Por fim, à todos os professoras que se dedicaram e compartilharam seus conhecimentos. Essa linda profissão atualmente desvalorizada no Brasil, mas que também possui o poder de melhorar a sociedade.

RESUMO

A introdução de espécies possibilita obter alternativas aos desafios do setor florestal: como estresses bióticos e abióticos, novas exigências de mercado e contribuir com contínuo ganho de produtividade. Os objetivos deste trabalho foram: conhecer o crescimento inicial e parâmetros genéticos de populações de *Corymbia henryi* (CH), *C. citriodora variegata* (CCV), *C. maculata* (CM) e *Eucalyptus pilularis*; estudar e comparar a resistência à ferrugem (*Austropuccinia psidii*) em progênies de *E. pilularis* em condições ambientais controladas e em campo. Os ensaios de *Corymbia* spp. foram testes de procedências sem a estrutura de progênies, sendo uma população para cada espécie. Nesses testes foram avaliadas a altura de plantas aos 6,9 e 13 meses após o plantio e diâmetro à altura do peito aos 13 meses. Em *E. pilularis* foi mensurada a altura e sobrevivência de plantas aos 7 meses após o plantio. Após as mensurações, foram realizadas as análises de *deviance* à 5% de significância para verificar diferença entre os materiais genéticos e entre parcelas. Posteriormente, os parâmetros genéticos foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrição/melhor predição linear não viciada (REML/BLUP). Com o *E. pilularis* também foi avaliado a resistência à ferrugem, sendo realizada a inoculação de *A. psidii* em condições ambientais controladas em 20 progênies. No campo, a resistência à ferrugem foi avaliada mensalmente de julho a outubro de 2017. CH, CCV e CM apresentaram crescimento inicial rápido e alta sobrevivência de plantas. CH apresentou efeito significativo de procedência para altura apenas aos 6 meses. Essa espécie apresentou valores altos e moderados de herdabilidade da média de procedências (H^2_{mp}) em altura e sobrevivência nas três épocas. CCV e CM apresentaram valores baixos de H^2_{mp} para todas as épocas de avaliação da altura e sobrevivência de plantas. O DAP apresentou H^2_{mp} baixo nas três espécies. *E. pilularis* apresentou crescimento inicial de 1,47 m e sobrevivência de 98%. Os valores de herdabilidade individual no sentido restrito (H^2_a) e herdabilidade da média de progênies (H^2_a) foram altos (0,38 e 0,76; respectivamente). Em relação à inoculação em condições controladas, 96,25 % das mudas foram resistentes à ferrugem. A H^2_a e H^2_m foram altas (0,41 e 0,81, respectivamente). No campo, a ferrugem foi observada apenas em julho. Apenas três mudas no campo apresentaram esporulação de ferrugem. Assim, a H^2_a e H^2_m foram baixas (0,001; 0,02). Isso ocorreu porque em condições controladas mais indivíduos apresentaram ferrugem, pois o ambiente

controlado é ótimo para ocorrência da doença. As espécies de *Corymbia* spp. tiveram rápido crescimento inicial. CH apresentou forte controle genético em altura e sobrevivência de plantas. CCV e CM apresentaram fraco controle genético em ambos os caracteres. *E. pilularis* apresentou crescimento inicial rápido e forte controle genético dos caráter altura. O teste em condições ambientais controladas apresentou maior eficiência do que o teste de campo na estimação dos parâmetros genéticos da resistência à ferrugem.

Palavras-chave: introdução de espécies; ferrugem; teste de procedência/progênie.

ABSTRACT

The introduction of species makes it possible to obtain alternatives to the challenges of the forestry sector: such as biotic and abiotic stresses, new market requirements and contribute to continuous productivity gains. This work aimed: to know the growth and initial genetic parameters of populations of *Corymbia henryi* (CH), *C. citriodora variegata* (CCV), *C. maculata* (CM) and *Eucalyptus pilularis*; to study and compare resistance to rust (*Austropuccinia psidii*) in progenies of *E. pilularis* under controlled and field environmental conditions. The trials of *Corymbia* spp. were tests of provenances without the structure of progenies, being a population for each species. In these trials the height of plants at 6, 9 and 13 months after planting were evaluated. Diameter at breast height (DBH) at 13 months were evaluated. In *E. pilularis* the height and survival of plants at 7 months after planting were measured. After the measurements, the deviance analyzes were carried out at 5% of significance to verify the difference between genetic material and between plots. Afterwards, the genetic parameters were estimated by the method of Restriction Maximum Likelihood / Best Linear Unbiased Prediction (REML / BLUP). *E. pilularis* was evaluated for resistance to rust, and inoculation of *A. psidii* was carried out under controlled environmental conditions in 20 progenies. Rust resistance in the field was evaluated monthly from July to October 2017. CH, CCV and CM showed rapid initial growth and high plant survival. CH showed significant origin effect only at 6 months. This species presented high and moderate heritability values of the mean of provenances (H^2_{mp}) in height and survival in the three seasons. CCV and CM presented low values of H^2_{mp} for all seasons of height evaluation and plant survival. DAP presented low H^2_{mp} in all three species. *E. pilularis* presented initial growth of 1.47 m and survival of 98%. The values of individual heritability in the restricted sense (H^2_a) and heritability of the average progenies (H^2_{pa}) were high (0.38 and 0.76, respectively). Regarding the inoculation under controlled conditions, 96.25% of the seedlings were resistant to rust. The H^2_a and H^2_{pa} were high (0.41 and 0.81, respectively). In the field, rust was observed only in July. Only three seedlings in the field presented sporulation of rust. Thus, H^2_a and H^2_{pa} were low (0.001; 0.02). This happened because under controlled conditions more individuals presented rust, because the controlled environment is great for the occurrence of the disease. The species of *Corymbia* spp. had rapid initial growth. CH showed strong genetic control in height and plant survival. CCV and CM presented

weak genetic control in both characters. *E. pilularis* showed rapid initial growth and strong genetic control of height characters. The test in controlled environmental conditions was more efficient than the field test in the estimation of genetic parameters of resistance to rust.

Keywords: introduction of species; rust; provenance / progeny test.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	13
CAPÍTULO 1 – ESTADO DA ARTE	15
1.1 <i>Corymbia</i> e <i>Eucalyptus</i>	15
1.2 “Spotted gums”	16
1.3 <i>Eucalyptus pilularis</i>	21
1.4 Ferrugem do eucalipto.....	23
1.5 Formação de populações base	26
REFERÊNCIAS.....	299
CAPÍTULO 2 – CRESCIMENTO INICIAL E PARÂMETROS GENÉTICOS DE PROCEDÊNCIAS DE <i>Corymbia</i> spp.	35
2.1 Introdução.....	39
2.2 Material e métodos	40
2.3 Resultados e discussão.....	43
2.4 Considerações finais	51
REFERÊNCIAS.....	53
CAPÍTULO 3 - CRESCIMENTO INICIAL E PARÂMETROS GENÉTICOS DE <i>Eucalyptus pilularis</i> Smith.....	57
3.1 Introdução.....	61
3.2 Material e métodos	62
3.3 Resultados e discussão.....	65
3.4 Considerações finais	69
REFERÊNCIAS.....	71
CAPÍTULO 4 - PARÂMETROS GENÉTICOS DA RESISTÊNCIA DE <i>Eucalyptus pilularis</i> à FERRUGEM EM CONDIÇÕES CONTROLADAS E EM CAMPO	75
Referências	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS	85

REFERÊNCIAS 857

INTRODUÇÃO GERAL

O eucalipto é amplamente difundido no mundo, sendo o Brasil um dos países com a maior área de floresta plantada de eucalipto com cerca de 7,8 milhões de hectares (IBÁ, 2017) que são destinados, principalmente, para produção de celulose, papel, carvão, energia e painéis de madeira reconstituída.

O eucalipto tomou importância econômica devido ao rápido crescimento, boa adaptação e qualidade da madeira (BELTRAME et al., 2012). As qualidades citadas foram adquiridas graças às melhorias em manejo, propagação e, sobretudo, ao zoneamento ecológico que permitiu a adaptação e seleção de genótipos adequados para as regiões de cultivo (GONÇALVES et al., 2013).

Entretanto, ainda existem desafios para o setor de florestas plantadas no Brasil. Os desafios são relacionados à expansão das florestas plantadas para as novas fronteiras, à ocorrência de novas pragas e doenças e a permanente busca por ganhos em produtividade florestal (BORÉM; MIRANDA, 2013; GONÇALVES et al., 2013).

Já que os desafios são frequentes a condução de estudos necessita ser permanente. Os estudos de introdução e composição de populações base de espécies não difundidas comercialmente devem ser uma das linhas prioritárias. Mas, é preciso conhecer a adaptação, quantificar a herança e variabilidade dos genótipos que estão sendo trabalhados.

Nesse contexto, as espécies chamadas popularmente na Austrália de “Spotted gums” (*Corymbia citriodora* sub. *variegata*, *Corymbia maculata* e *Corymbia henryi*) são potenciais para serem trabalhadas em diversas regiões brasileiras (REIS et al., 2014; SILVA et al., 2017). Na Austrália essas espécies são pesquisadas, principalmente seus híbridos com *C. torelliana*, apresentando respostas satisfatórias ao melhoramento e aptidão da madeira que vai desde o carvão e celulose à madeira serrada (LEE, 2007; LEWIS et al., 2010; BRAWNER et al., 2012; ASSIS, 2015).

O *Eucalyptus pilularis* é outra espécie potencial, pois, na Austrália, sua madeira é muito valorizada para serraria. No Brasil, principalmente no Estado de São Paulo, *E. pilularis* demonstra bom potencial de crescimento e possibilidades de ganhos satisfatórios em programas de melhoramento (PÁSZTOR, 1972; MORA, 1981; SOUZA; SILVA; PINTO JUNIOR, 1993; CASTELLANO et al., 2013). Ainda, Silva et al. (2015) destacam a diversidade genética dos materiais de *E. pilularis* existentes no Brasil e o bom potencial para a retomada de um programa de melhoramento.

É necessário destacar que na introdução ou retomada do melhoramento de espécies florestais é importante realizar avaliações de doenças como a ferrugem, com poucos relatos em espécies não utilizadas comercialmente. A ferrugem é causada pelo fungo *Austropuccinia psidii*, uma das principais doenças do eucalipto no Brasil (PINTO et al., 2014). A doença pode causar danos em povoamentos com até dois anos de idade em locais de condições ambientais propícias, o que pode inviabilizar a utilização de alguns genótipos.

Segundo Alfenas et al. (2009), o *E. pilularis* é uma espécie resistente à ferrugem, porém o primeiro relato de ocorrência de ferrugem na Austrália foi em um plantio comercial de *E. pilularis* (CARNEGIE, 2015). Desde a década de 1980, quando a ferrugem começou a se tornar um problema em escala comercial, e o *E. pilularis* não foi trabalhado de maneira intensiva (SILVA, et al., 2015), não sendo realizadas avaliações quanto a resistência à ferrugem.

Dessa forma, este trabalho visou:

- conhecer o crescimento inicial e parâmetros genéticos de procedências de *C. citriodora* sub. *variegata*, *C. maculata* e *C. henryi*;
- conhecer o crescimento inicial e parâmetros genéticos em teste de progênes/procedências de *E. pilularis*;
- conhecer o nível e os parâmetros genéticos da resistência de *E. pilularis* à ferrugem (*A. psidii*) em condições controladas e em campo e comparar os resultados entre as duas condições.

CAPÍTULO 1

ESTADO DA ARTE

1.1 *Corymbia* e *Eucalyptus*

Existem centenas de espécies de eucaliptos que são nativos da Austrália e das ilhas vizinhas ao norte da Austrália (LADIGES, 1997; WANG, 2002). Serão destacadas neste texto espécies do gênero *Corymbia* e *Eucalyptus*.

O gênero *Corymbia*, em 1995 após muitas discussões e questionamentos que ainda perduram, foi formalmente considerado um gênero (HILL; JOHNSON, 1995). Atualmente, *Corymbia* é composto por 113 espécies e 23 subespécies distribuídas principalmente na Austrália (WANG, 2002). No Brasil, a utilização de espécies de *Corymbia* se resume à produção de óleo essencial extraído da folha de *Corymbia citriodora* (SILVA et al., 2012) e produção de mourões e postes por médios e pequenos produtores (REIS et al., 2013). No entanto, o gênero possui aptidão para vários outros produtos (MCMAHON; GEORGE; HEAN, 2010).

O gênero *Eucalyptus* é composto por aproximadamente 600 espécies e subespécies, porém menos de 1% são utilizadas para fins industriais (MASSON; MORAES; FURTADO, 2013). Utilizando híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* e seus genótipos puros por meio de plantios clonais, o Brasil é um dos maiores “players” no setor de florestas plantadas para celulose e papel, carvão, painéis e madeira sólida, possuindo 25% das florestas plantadas de eucalipto do mundo (GONÇALVES et al., 2013). As florestas de eucalipto brasileiras são umas das mais produtivas no mundo com média de 36 m³ ha ano⁻¹ (IBÁ, 2017). Condição conquistada com a evolução do manejo e desenvolvimento de genótipos que tiveram início com os incentivos fiscais da década de 1960 (GONÇALVES et al., 2013).

As espécies de eucalipto, de acordo com sua distribuição natural, ocorrem numa grande amplitude de condições climáticas e podem gerar diversos produtos madeiros e não-madeireiros, porém poucas espécies são utilizadas como plantações comerciais no mundo (SILVA et al., 2015; FLORES et al., 2016).

A obtenção de alta produtividade em sítios em novas regiões tem direcionado esforços para a seleção de genótipos adaptados às novas condições ambientais (GONÇALVES et al., 2013). Além disso, a busca de melhor adequação das propriedades da madeira para os produtos finais e a possibilidade de aumento de

combinações híbridas têm direcionado ao incentivo dos estudos com espécies alternativas (REIS et al., 2013; REIS et al., 2014).

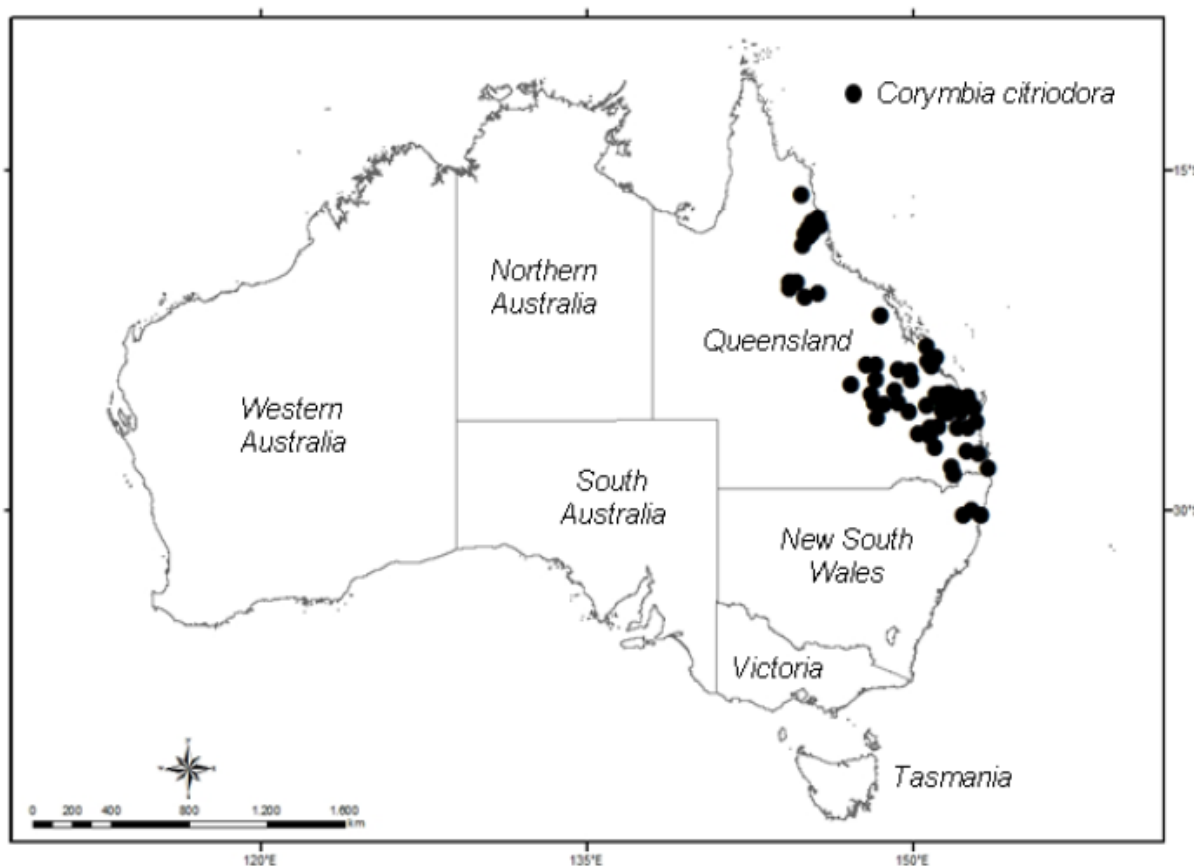
1.2 “Spotted gums”

As espécies *Corymbia citriodora* sub. *variegata* (F.Muell.) A.R.Bean & M.W.McDonald, *Corymbia maculata* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S.Johnson e *Corymbia henryi* (S.T.Blake) K.D.Hill & L.A.S.Johnson são atualmente pesquisadas e plantadas na Austrália (LEE et al., 2007; 2009; 2010; OCHIENG et al., 2008; 2009). A madeira é utilizada para uma gama de produtos (MCMAHON; GEORGE; HEAN, 2010). Como são muito relacionadas taxonomicamente (LARMOUR et al. 2000) são popularmente conhecidas na Austrália como “spotted gums” (MCMAHON; GEORGE; HEAN, 2010).

Ao longo do tempo ocorreram algumas mudanças taxonômicas em algumas espécies de “spotted gums”, sendo que as mudanças são sustentadas na proximidade filogenéticas entre essas espécies. McDonald et al. (2000) estudando *C. citriodora* e *C. variegata* concluíram que essas são muito próximas taxonomicamente. Assim, foi reduzido o status de espécie de *C. variegata* para subespécie, ou seja, as duas espécies foram reorganizadas em apenas uma única, diferenciadas por *Corymbia citriodora* sub. *citriodora* e *Corymbia citriodora* sub. *variegata*, sendo que *C. citriodora* sub. *variegata* não possui o conhecido “aroma de limão” em suas folhas (MCDONALD et al. 2000).

C. citriodora sub. *variegata* (CCV) ocorre naturalmente na Austrália na região de Maryborough, Estado de Queensland (QLD), até o sul de Cofs Harbour, ao norte do Estado de New South Wales (NWS) (Figura 1) (REIS et al., 2013). A altitude das regiões que *C. citriodora* sub. *variegata* ocorre varia de 30 m a 1100 m, temperatura de 26 a 29°C nos meses mais quentes e 0 a 6°C nos meses mais frios e as precipitações pluviométricas anuais variam de 600 mm a 2000 mm, sendo que as maiores concentrações são no verão (BOLAND et al., 2006).

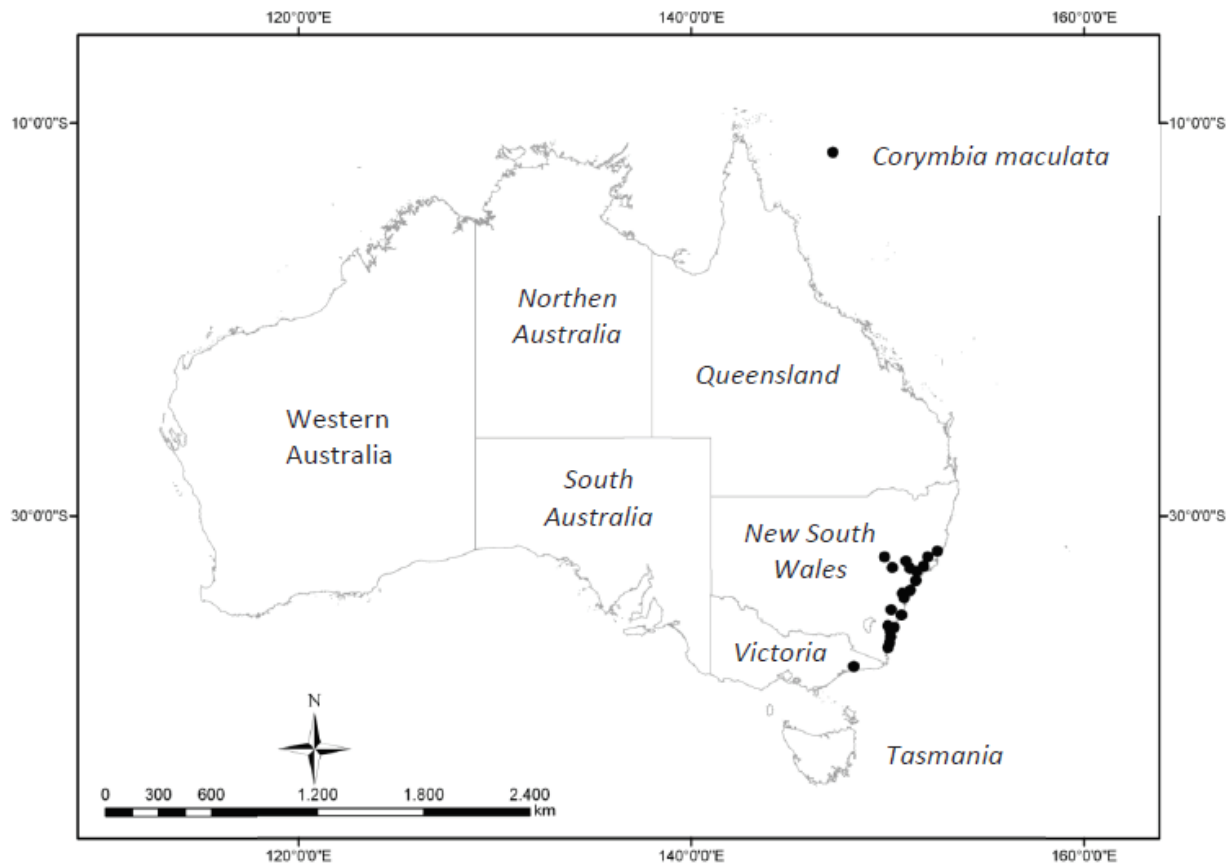
Figura 1 - Distribuição de *Corymbia citriodora* no centro de origem



Fonte: REIS et al. (2013).

Corymbia maculata (CM) está distribuída em NWS em áreas costeiras no vale do Rio Manning até Bega entre as latitudes 25 a 37°S (Figura 2), e também pode ser encontrada em Motte Range no leste de Victória (BOLAND et al. 2006). Nessas áreas a altitude varia desde o nível do mar até 800 m (FLORES et al., 2016), as temperaturas médias nos meses mais frios estão entre 4 a 6°C, e nos meses mais quentes entre 22°C a 35°C (BOLAND et al. 2006) e a precipitação anual varia de 800 mm a 1600 mm (FLORES et al., 2016). A precipitação pode ser bem distribuída ao longo do ano ou concentrada no verão, onde é concentrada a estiagem varia de 3 a 6 meses (BOLAND et al. 2006).

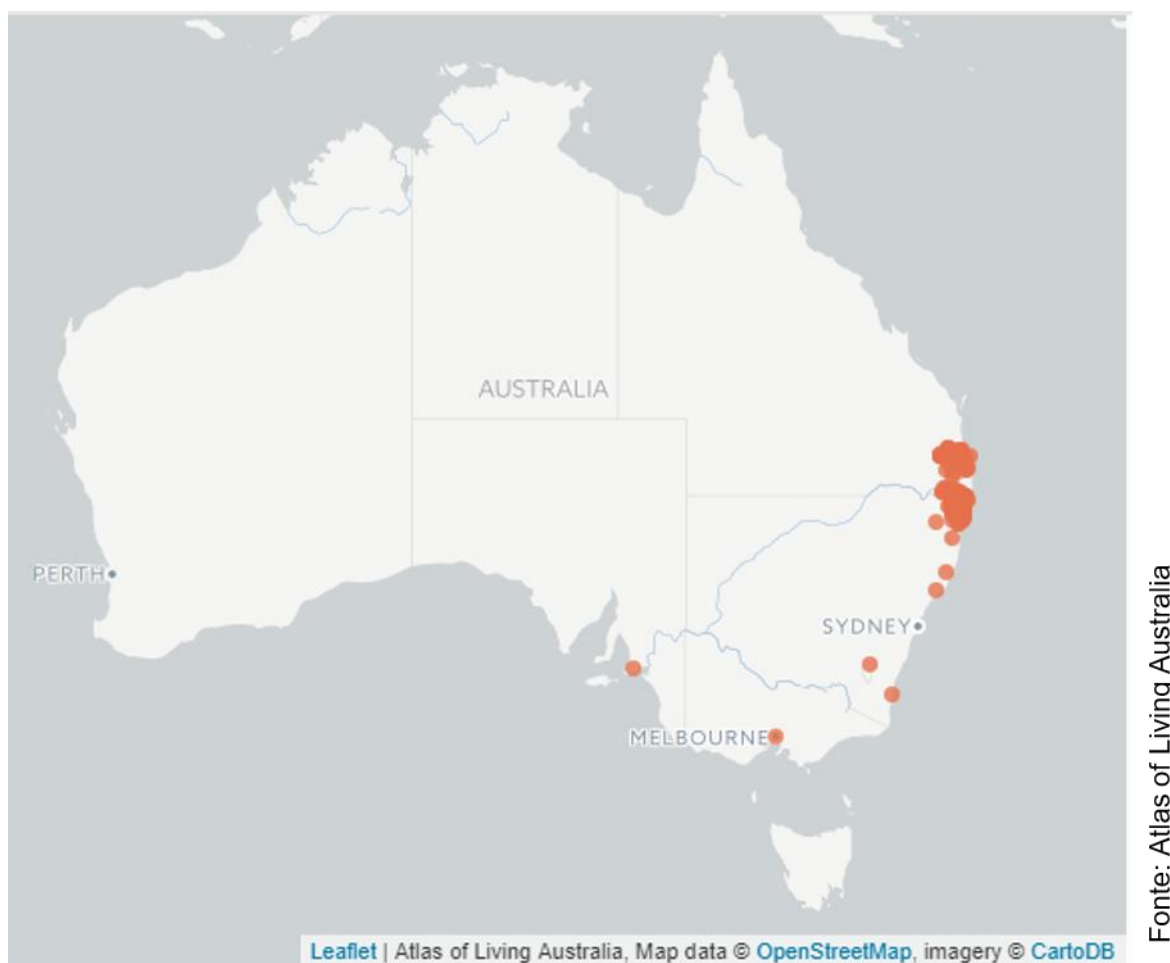
Figura 2 – Distribuição de *Corymbia maculata* no centro de origem



Fonte: REIS et al. (2014).

Corymbia henryi (CH) possui uma distribuição natural (Figura 3) mais restrita que as demais espécies, sendo que esta ocorre ao sul de Graton, em NSW, no sudeste de QLD, próxima a região de Brisbane e oeste de Toowoomba (MCMAHON; GEORGE; HEAN, 2010). Segundo Mc Mahom, George e Hean (2010), a altitude da região onde ocorre *C. henryi* varia de 0 a 1100 m, a temperatura média mensal está entre 0 a 32 °C e precipitação anual entre 600 a 1700 mm.

Figura 3 - Distribuição de *Corymbia henryi* no centro de origem



Fonte: ATLAS OF LIVING AUSTRALIA (2017).

A densidade básica da madeira de *C. citriodora* pode variar de 950 a 1010 kg m⁻³ (BOLAND et al., 2006). Essa madeira é considerada de boa trabalhabilidade (BOLAND et al., 2006), inclusive no Brasil é muito utilizada pelas indústrias madeireiras em alternativa às nativas (ARAUJO; MAGALHÃES; OLIVEIRA, 2012). A madeira de CM é considerada de boa durabilidade natural e resistência mecânica, e a densidade básica pode variar 745 a 1080 kg m⁻³ (BOLAND et al., 2006). Segundo McMahon, George e Hean (2010), CH tem uma densidade básica média de 740 kg m⁻³.

Essas espécies são muito relacionadas taxonomicamente (HILL; JOHNSON, 1995), deste modo a madeira delas possui propriedades muito semelhantes tendo as indicação de usos muito parecidas. Na Austrália, os mais de 18000 ha dessas espécies são importantes e comumente utilizadas para serraria em QLD e NWS (LEE, 2007; LEWIS et al., 2010). No entanto, encontra-se na literatura que as madeiras das

“spotted gums” também podem ser utilizadas para uma gama de produtos, tais como para confecção de cabos de ferramentas, cercas, dormentes, mourões, pontaletes, postes e ainda para carvão (GOLFARI et al., 1978; BOLAND et al., 2006).

Estudos como de Brawner et al. (2012) afirmam que CCV possui considerável potencial para melhoramento para fins de produção de poupa celulósica. Além disso, *C. citriodora* é também reconhecida pelo potencial de produção de carvão vegetal, e há forte expectativa de que o híbrido de *C. citriodora* com *C. torelliana*, atualmente pesquisado na Austrália (LEE, 2007), possa produzir carvão de excelente qualidade (ASSIS, 2015).

Brawner et al. (2012) compararam diferentes caracteres visando encontrar o melhor para estimativa dos parâmetros genéticos de produção de polpa celulósica de CCV. Os autores afirmaram que os caracteres de propriedades da madeira possuem controle genético alto. Por meio da seleção entre e dentro de procedências podem ser alcançadas consideráveis melhorias genéticas, sendo melhor a seleção dentro de populações. A interação genótipo por ambiente não foi significativa.

Lee et al. (2009) avaliaram parâmetros genéticos e potencial para cultivo de híbridos de *C. torelliana* com *C. citriodora* sub. *citriodora*, *C. citriodora* sub. *variegata*, *C. henryi*, *C. maculata* e famílias puras de *C. torelliana* e *C. citriodora* sub. *variegata* em experimentos em seis locais diferentes. As melhores famílias híbridas de cada local foram melhores em altura e diâmetros que as famílias puras de *C. citriodora* sub. *variegata*. Os autores também apontaram baixa interação genótipo ambiente. Os caracteres altura e diâmetro de árvores apresentaram herdabilidade alta, já os caracteres retidão de fuste, ramificação, resistência a geada e doenças na idade de um a três anos apresentaram baixo a moderados valores de herdabilidade. A variância de dominância para altura e diâmetro foi reduzida a zero aos seis anos de idade. Por fim, resultados são promissores e podem apoiar a criação de setor florestal sustentável para produção de madeira sólida com a utilização das espécies de *Corymbia*.

Os híbridos de “spotted gums” com *C. torelliana* possuem melhor enraizamento que as espécies puras, ótimas propriedades da madeira e possibilidade de cultivo em áreas marginais australianas, aonde o plantio de espécies puras não são indicadas. Inclusive, nesses locais foram observadas árvores híbridas espontâneas com ótimo crescimento (LEE et al., 2009). As propriedades da madeira e resistências às pragas

e doenças de “spotted gums” podem se apresentar favoravelmente complementares em híbridos (LEE, 2007; LEE et al., 2009).

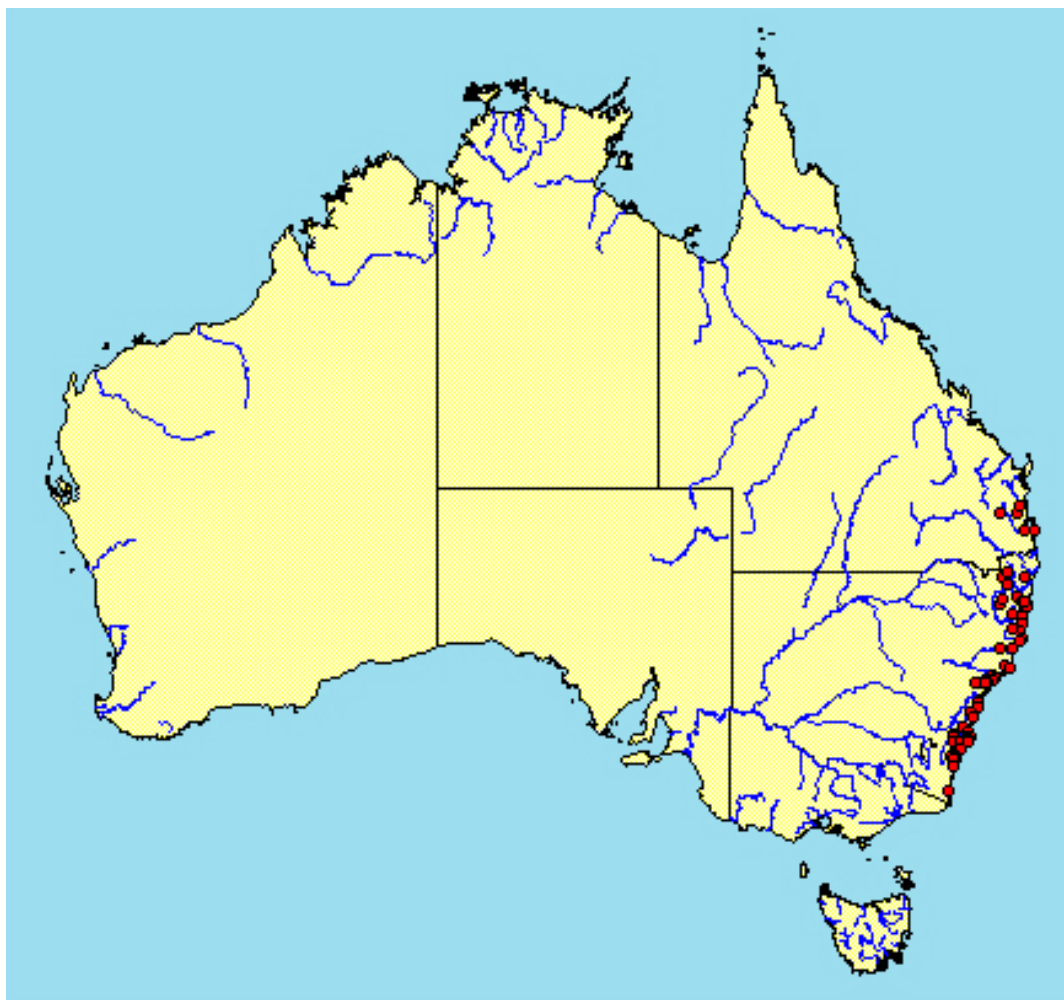
Como já citado no contexto do Brasil, há forte apelo ao estudo e cultivo de espécies alternativas, esse apelo é embasado na necessidade de enfrentar os novos desafios aos programas de melhoramento genético (ASSIS, 2015). Esses desafios são relacionados à busca de genótipos tolerantes aos estresses abióticos provenientes das novas áreas cultivadas e das mudanças do clima que estão por vir; aos bióticos causados pelas novas pragas e doenças; e por fim manter e melhorar as propriedades da madeira garantindo uma produtividade satisfatória (REIS et al., 2013; REIS et al., 2014).

Antes do alcance de genótipos híbridos no programa de melhoramento, que seria o material mais produtivo e visado pelas empresas, é preciso direcionar esforços para a experimentação com os genótipos puros. Na Austrália existem programas de melhoramento genético de “spotted gums”, nos quais possuem genótipos puros de qualidade (LEE, 2007; 2009). Dessa forma, a experimentação dos genótipos puros de “spotted gums” será útil para se ter estimativa da capacidade produtiva, a ocorrência de pragas e doenças, os parâmetros genéticos, a formação de populações base e pomares de sementes (LEE, 2007). Estudos indispensáveis para trabalhar com “spotted gums” no Brasil.

1.3 *Eucalyptus pilularis*

O *E. pilularis*, de ocorrência natural australiana (Figura 4) está presente principalmente nas planícies litorâneas e zonas montanhosas do litoral do estado de Nova Gales do Sul até o sul de Queensland (latitudes entre 25° 50' e 37° 50') (FONSECA et al., 2010). A espécie é encontrada desde o nível do mar até a altitude de cerca de 600 m (PÁSZTOR, 1972). Nessas áreas, pode-se encontrar árvores de até 60 m de altura (PÁSZTOR, 1972). O *E. pilularis* também ocorre em regiões de chuvas concentradas no verão em que o período de seca pode ter duração de 3 a 4 meses.

Figura 4 - Distribuição de *Eucalyptus pilularis* Smith no centro de origem



Fonte: EUCLID... (2006).

Na Austrália sua madeira é considerada de grande valor, sendo uma das principais espécies utilizadas para serraria, assim como para construções civis e postes (GOLFARI; CASER; MOURA, 1978; PÁSZTOR, 1972).

O primeiro trabalho relatado com silvicultura de *E. pilularis* na literatura brasileira é de Pásztor (1972), posteriormente Mora (1981), Oliveira et al. (1999), Pereira et al. (2000), que mostraram o alto potencial de crescimento e utilização em locais nos Estados de Minas Gerais e São Paulo.

Além disso, Castellano et al. (2013) realizaram o inventário da coleção do Horto de Rio Claro, sendo que a espécie apresentou o maior volume entre as demais, demonstrando o alto potencial para utilização de madeira serrada, sendo essa uma utilização que possui poucos genótipos de eucalipto disponíveis no Brasil.

Souza, Silva e Pinto Junior (1993) estudaram a variabilidade e parâmetros genéticos de progênies provenientes do Estado de Queensland em 8 locais nos

Estados de Minas Gerais e São Paulo. A herdabilidade ao nível de médias de progênies variou de 0,43 a 0,82; 0,34 a 0,86; e 0,34 a 0,86 para altura de árvore, diâmetro à altura do peito e volume de madeira, respectivamente. Esses resultados destacam o alto potencial para continuidade de estudos de melhoramento genético da espécie.

Silva et al. (2015) avaliaram a diversidade genética e o grau de endogamia das matrizes que compõem este trabalho. A diversidade genética das diversas populações utilizadas não foi comprometida pelo processo de seleção e é improvável a existência de um alto grau de endogamia. Portanto, é viável a retomada de um programa de melhoramento de *E. pilularis* com esse material genético na composição de uma população base.

No Brasil, segundo Fonseca et al. (2010), o *E. pilularis* não é considerado suscetível à ferrugem. No entanto, a ferrugem foi encontrada pela primeira vez na Austrália em plantações de *E. pilularis* (CARNEGIE, 2015), mas no Brasil não existem trabalhos que discutem a resistência ou suscetibilidade de *E. pilularis* à ferrugem.

1.4 Ferrugem do eucalipto

Em paralelo a expansão da área implantada com florestas de eucalipto, vem acontecendo um aumento da ocorrência de doenças; intrínseco a isso, as inevitáveis perdas econômicas (ALFENAS et al., 2009).

Dentre as doenças, a ferrugem causada pelo fungo *Austropuccinia psidii* Winter, anteriormente nomeado como *Puccinia psidii* (BEENKEN, 2017), merece destaque. Pois é considerado uma séria ameaça (COUTINHO et al., 1998), visto que, além dos prejuízos capaz de causar, tem ampla distribuição geográfica no Brasil e é considerado importante nos Estados de São Paulo e Bahia (KRUGNER; AUER, 2005; ALFENAS et al., 2009), onde as condições ambientais são favoráveis ao seu desenvolvimento (ALVARES et al., 2016).

A ferrugem é nativa da América do Sul e Central (ALFENAS et al., 2005). No entanto, há uma grande preocupação com o avanço dessa doença em países como a Austrália, onde o eucalipto é nativo (COUTINHO et al., 1998), e África do Sul, que possui forte atividade econômica utilizando algumas espécies de eucalipto. Essa

preocupação resultou num projeto de colaboração internacional desses países para avaliar a ameaça de *A. psidii* (ALFENAS et al., 2005).

A. psidii infecta várias espécies de eucalipto, porém segundo Alfenas et al. (2009) as espécies *E. grandis*, *E. cloeziana*, *E. dunnii*, *E. benthamii*, *E. phaeotricha*, *E. globulus* e *E. nitens* são as mais suscetíveis. Sobre locais de disseminação, a ferrugem ocorre em mudas e no campo em povoamentos recém implantados (KRUGNER; AUER, 2005). A infecção é favorecida em temperaturas variando de 18 a 25 °C, períodos prolongados de molhamento foliar de seis horas por cinco a sete dias consecutivos (RUIZ et al., 1989). Não ocorre infecção quando as condições ambientais não são favoráveis, como temperaturas acima de 30 °C e abaixo de 10 °C, (ALFENAS et al., 2009). Os povoamentos com dois anos ou mais de implantação são considerados escapes à *A. psidii* (FERREIRA, 1989), pois as folhas mais velhas no caso de *E. grandis*, possuem maior espessura e quantidade de cera que contribuem para resistência à infecção pelo fungo (XAVIER et al., 2015).

Os sintomas sobre os órgãos afetados se apresentam como uma esporulação pulverulenta de urediniósporos de coloração amarelo-ouro (SANTOS; AUER; GRIGOLETTI JUNIOR, 2001; KRUGNER; AUER, 2005). As lesões em decorrência da forte esporulação podem causar deformações, necroses, hipertrofia, minicancros e morte das porções terminais de crescimento (ALFENAS et al., 2009).

Podem ser destacadas algumas medidas de controle da ferrugem no eucalipto (FURTADO; MORAES; MASSON, 2013): aplicação de fungicidas, plantio em épocas desfavoráveis a doença (evasão pela época), plantio em regiões que desfavoreçam o patógeno (evasão no espaço) e plantio de genótipos resistentes.

O uso de fungicida para o controle da ferrugem é importante e pode complementar o manejo integrado da doença em viveiro, jardins clonais, minijardins clonais e em campo principalmente para clones altamente produtivos, mas suscetíveis (ZAUZA et al., 2008). No entanto, o uso de fungicida é limitado aos poucos produtos disponíveis no mercado e às restrições dos certificadores florestais (MASSON; MORAES; FURTADO, 2013). Além disso, o sucesso da aplicação de defensivos está diretamente relacionada à utilização de um produto eficaz, equipamento ajustado corretamente, e épocas de aplicação certa para controle (MASSON; MORAES; FURTADO, 2013). Ainda assim, deve-se realizar um estudo aliando viabilidade econômica e custo de operação para tomada de decisão sobre a aplicação do fungicida (MASSON et al., 2011).

O ambiente é um fator que está relacionado ao desenvolvimento da doença (MORAES et al., 2014). Dessa forma, as condições climáticas exercem papel importante na suscetibilidade da planta hospedeira e desenvolvimento do patógeno (VALE; JESUS JUNIOR; ZAMBOLIM, 2004). Com base nas condições ambientais desfavoráveis e idade do plantio de maior suscetibilidade à ferrugem (ALFENAS et al., 2009; FURTADO; MORAES; MASSON, 2013), o plantio de materiais suscetíveis em épocas desfavoráveis à doença se torna uma forma de controle viável. Trabalhos como de Moraes et al. (2014) apoiam a tomada de decisão por essa forma de controle no manejo integrado da ferrugem.

Existe ainda a possibilidade de plantio em regiões que desfavoreçam o patógeno, que vai de encontro a questão de condições climáticas desfavoráveis (ALVARES et al., 2016). Essas regiões são consideradas escape por não apresentar a ocorrência de ferrugem ou quando apresenta a severidade é baixa. A exemplo disso, é possível destacar os trabalhos de Silva et al. (2013) e Bora et al. (2016). Silva et al. (2013) chegaram ao resultado no Estado de São Paulo que regiões Aw (segundo classificação de Koppen) possuem menor severidade da doença. Bora et al. (2016) afirmam que a região central do estado, na zona de transição entre o clima tropical do norte e o temperado do sul, é mais favorável à ocorrência da ferrugem.

O plantio de genótipos resistentes tem sido o método de maior aplicação e sucesso de controle no campo, pois tendo em vista a ampla variabilidade genética inter e intraespecífica que o eucalipto possui para tolerância à ferrugem (MORIN et al., 2012), é possível encontrar progênies ou mesmo espécies resistentes (KRUGNER; AUER, 2005). Ainda é possível a hibridação, em programas de melhoramento genético, usando esses genótipos resistentes (SILVA et al., 2015), e dessa forma resgatando e multiplicando materiais superiores por meio da clonagem. Pois, segundo Junghans et al. (2003), em *E. grandis* a tolerância à ferrugem é controlada pelo gene *Ppr-1* (*A. psidii* resistance gene 1). Dessa forma, é possível, por meio da obtenção de sementes de matrizes homozigotas para esse gene, o plantio de árvores de progênies resistentes.

Trabalhos como de Lee, Brawner e Pegg (2015), Pinto et al. (2014), Santos et al. (2014), Silva et al. (2013) e Zauza et al. (2010) sustentam a possibilidade de seleção e melhoramento de genótipos resistentes à ferrugem em eucalipto.

Lee, Brawner e Pegg (2015) caracterizaram a resistência à ferrugem em duas espécies distintas, sendo *E. argophloia*, considerada suscetível, com restrita

distribuição natural e *E. cloeziana*, considerado suscetível, mas com ampla e extensa distribuição em Queensland. Os valores de herdabilidade para *E. argophloia* variaram de 0,24 a 0,63 e para *E. cloeziana* de 0,4 a 0,91. Esses resultados demonstram um nível significativo de variância genética aditiva dentro das populações e possibilidade de selecionar famílias resistentes. Além disso, para *E. cloeziana* foi observado o efeito da procedência, sendo que procedências do interior são mais resistentes que as costeiras.

Pinto et al. (2014) avaliaram a variabilidade genética em progênies de *E. dunnii* para resistência à ferrugem em campo e em condições controladas. *E. dunnii* apresentou alta variabilidade genética para resistência à ferrugem, com coeficiente de variação genética de 36,07% e 70% das progênies avaliadas foram imunes à ferrugem, indicando alto potencial para seleção e melhoramento genético.

Santos et al. (2014) estudaram a base genética da resistência à ferrugem em *E. pellita* por meio de inoculações em condições controladas em quatro progênies de irmãos completos. O número de plantas resistentes foi superior ao de suscetíveis em todas as progênies. A herdabilidade no sentido restrito da resistência à ferrugem foi estimada entre 32,7% a 37,3%.

Silva et al. (2013) selecionaram progênies de *E. grandis* com estabilidade e adaptabilidade à resistência à ferrugem em diferentes localizações no Estado de São Paulo e compararam o ranking de seleção de progênies sob essas diferentes condições climáticas. O *E. grandis* apresentou baixa herdabilidade individual no sentido restrito, elevada herdabilidade média entre progenies, demonstrando forte controle genético que possibilita o melhoramento genético dessa espécie. Ainda, afirmam que essa espécie possui alta estabilidade entre sítios e interação simples entre genótipo e ambiente.

Zauza et al. (2010) avaliaram a resistência à ferrugem em mudas de plantas nativas da Austrália de várias espécies de Myrtaceae, dentre as quais *E. cloeziana* se mostrou uma das mais suscetíveis à ferrugem.

1.5 Formação de populações base

A fase inicial básica de um programa de melhoramento é a seleção das espécies e a formação das populações, sendo a fundamentação desta seleção são os testes

de espécies e procedências (RESENDE, 2005). As espécies e procedências devem ser avaliadas com base nas características ideais do produto florestal de interesse (RESENDE, 2005)

A domesticação de novas espécies florestais é uma atividade dependente do aperfeiçoamento das práticas silviculturais e da seleção do genótipo mais adequado (ROCHA et al., 2009). Perante a isso, o melhoramento deve andar em conjunto com a definição das melhores práticas silviculturais para o material selecionado.

Além disso, os atuais programas de melhoramento florestal selecionam também com base na tolerância às principais doenças da cultura, mediante a observações dessas em testes de espécies, progênies/procedências e clonais (FONSECA et al., 2010).

Ainda maior é a importância do teste de procedência e progênie (TPP), pois tem o objetivo de, além de selecionar, caracterizar os padrões de herança em espécies florestais, permitindo comparar a variação entre e dentro de progênies e procedências (PIRES et al., 2011). A comparação de parâmetros de herança possibilita a quantificação da variação devida a fatores genéticos (PIRES et al., 2011).

Ao mesmo tempo, segundo Rocha et al., (2009), o TPP possui os principais objetivos de: avaliação do valor genético dos genitores; estimação de parâmetros genéticos; predição de ganhos genéticos realizados e; geração de populações base para nova seleção.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C. et al. *Heteropyxis natalensis*, a new host of *Puccinia psidii* rust. **Australasian Plant Pathology**, [S. l.], n. 34, p. 285–286, 2005.
- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 500 p.
- ALVARES, C. A. et al. Climatic favourability zones for Eucalyptus rust in Brazil. **Forest Pathology**, [S. l.], v. 46, n. 3, p. 1-17, 2016. DOI: 10.1111/epf.12301
- ARAUJO, H. J. B. de; MAGALHÃES, W. L. E.; OLIVEIRA, L. C. de. Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. **Acta Amazonica**, Colombo, v. 42, n. 1, p.49-58, 2012.
- ASSIS, T. F. Melhoria genética de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas. In 3º ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3, 2015, Campinas. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2015. p.127-148.
- ATLAS OF LIVING AUSTRALIA (Website). National Collaborative Research Infrastructure Strategy (NCRIS) and Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Disponível em: <http://spatial.ala.org.au/?q=lsid:http://id.biodiversity.org.au/node/apni/2889146>. Acesso em: 20 de outubro de 2017.
- BEENKEN, L. *Austropuccinia*: a new genus name for the myrtle rust *Puccinia psidii* placed within the redefined family *Sphaerophragmiaceae* (*Pucciniales*). **Phytotaxa**, [s.l.], v. 297, n. 1, p.53-61, 22 fev. 2017. Magnolia Press. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.297.1.5>
- BOLAND, D. J. et al (Ed.). **Forest Trees of Australia**. 5. ed. [s.l.]: Csiro Publishing, 2006.
- BORA, K.C. et al. Favorabilidade climática para a ferrugem do eucalipto no estado do Paraná. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.42, n.1, p. 24-42, 2016.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. 6. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 523 p.
- BRAWNER, J. T. et al. Selection of *Corymbia citriodora* for pulp productivity. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, [s.l.], v. 74, n. 2, p.121-131, jul. 2012. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.2989/20702620.2012.701418>
- CARNEGIE, A. J. First report of *Puccinia psidii* (myrtle rust) in *Eucalyptus* plantations in Australia. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 99, n.1, p. 161-161, 2015.
- CASTELLANO, G. et al. Crescimento de eucaliptos quase centenários no Horto de Rio Claro, **Circular Técnica IPEF**, 2013.

COUTINHO, T. A. et al. *Eucalyptus* rust: a disease with the potential for serious international implications. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 82, n. 7, p. 819-925, 1998.

EUCLID: Eucalypts of Australia. Third Edition. Canberra: Centre for Plant Biodiversity Research (CPBR), 2006. Disponível em: https://www.anbg.gov.au/cpbr/cd-keys/euclid3/euclidsample/html/Eucalyptus_pilularis.htm. Acesso em: 19/08/2017

FERREIRA, F. A. **Patologia Florestal**: principais doenças florestais no Brasil. Viçosa, MG: SIF, 1989. 570 p.

FERREIRA, M.; SIMÕES, J.W. Formação de população base de *Eucalyptus pilularis* Smith, visando a produção de madeira para usos múltiplos. **IPEF**, Piracicaba, v.47, p.1-21, 1994.

FONSECA, S. M. Da et al. **Manual Prático de Melhoramento Genético do Eucalipto**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2010. 200 p.

FLORES, T. B. et al. **Eucalyptus no Brasil**: Zoneamento Climático e Guia Para Identificação. Piracicaba: IPEF, 2016.

FURTADO, E. L.; MORAES, W. B.; MASSON. Uso de fungicidas no manejo integrado de doenças em espécies florestais. In: NEFIT (Núcleo de Estudos em Fitopatologia) (Org.) **Patologia Florestal**: desafios e perspectivas. São Carlos, SP: Suprema Gráfica e Editora, 2013. p. 367-371

FURTADO, E. L., SANTOS, C. A. G., MASSON, M. V. (Ed.). Impacto potencial das mudanças climáticas sobre a ferrugem do eucalipto no Estado de São Paulo. In: GHINI R.;

HAMADA, E., **Mudanças Climáticas**: Impactos Sobre Doenças de Plantas no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 273–286.

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil (2ª aproximação)**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66 p. (PRODEPEF. Série Técnica, 11).

GONÇALVES, J. L. M. et al. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 301, n. 1, p. 6-21, 2013. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.12.030

HILL, K.; JOHNSON, L. Systematic studies in the eucalypts. 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). **Telopea**, [s.l.], v. 6, n. 2-3, p.185-504, 13 dez. 1995. Royal Botanical Gardens and Domain Trust. <http://dx.doi.org/10.7751/telopea19953017>

IBÁ (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES). **Relatório Anual 2017**. Brasília: Studio 113, 2017. 100 p. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2017.

JUNGHANS, D. T. et al. Resistance to rust (*Puccinia psidii* Winter) in *Eucalyptus*: mode of inheritance and mapping of a major gene with RAPD markers. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 108, n. 01, p. 175 – 180, 2003. DOI: 10.1007/s00122-003-1415-9

KRUGNER, T. L.; AUER, C. G. Doenças dos Eucaliptos. In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de Fitopatologia**. 4. ed., v. 2, São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 2005. p. 328 - 329.

LADIGES, P. Y. Phylogenetic history and classification of eucalypts. In: WILLIAMS, Jann; WOINARSKI, John. **Eucalypt Ecology: Individuals to Ecosystems**. [s.l.]: Cambridge University Press, 1997. p. 430

LARMOUR, J. S. et al. Variation in frost tolerance and seedling morphology of the spotted gums *Corymbia maculata*, *C. variegata*, *C. henryi* and *C. citriodora*. **Australian Journal Of Botany**, [s.l.], v. 48, n. 4, p.445-453, 2000. CSIRO Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/bt98065> .

LEE, D. J. Achievements in forest tree genetic improvement in Australia and New Zealand 2: Development of *Corymbia* species and hybrids for plantations in eastern Australia. **Australian Forestry**, [s.l.], v. 70, n. 1, p.11-16, jan. 2007. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00049158.2007.10676256>

LEE, D. J. et al. Comparative performance of *Corymbia* hybrids and parental species in subtropical Queensland and implications for breeding and deployment. **Silvae Genetica**, [S.l.], v. 58, n. 6, p.205-212, mar. 2009.

LEE, D. J. et al. Selecting hardwood taxa for wood and fibre production in Queensland's subtropics. **Australian Forestry**, [s.l.], v. 73, n. 3, p.106-114, mar. 2010.

LEE, D. J.; BRAWNER, J. T.; PEGG, G. S. Screening *Eucalyptus cloeziana* and *E. argophloia* populations for resistance to *Puccinia psidii*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 99, n. 1, p. 71 – 79, jan. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-04-14-0353-RE>

LEWIS, T. et al. **Tree growth relationships and silvicultural tools to assist stand management in private native spotted gum dominant forests in Queensland and northern New South Wales**. Melbourne: Forest & Wood Products Australia, 2010.

MASSON, M.V. et al. Eficiência e viabilidade econômica do controle químico da ferrugem do eucalipto em condições de campo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 37, p. 107-112, 2011.

MASSON, M.V.; MORAES, W.B.; FURTADO, E.L. Chemical Control of Eucalyptus Rust: Brazilian Experiences. In: NITA, M. (Org.). **Fungicides Showcases of Integrated Plant Disease Management from Around the World**. Croácia: InTech, 2013, p. 117-134. v. 1. Disponível em: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/44745.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2016.

MCDONALD, M. W. et al. Intra and interspecific allozyme in eucalypts from the spotted gums group, *Corymbia*, section 'Politaria' (Myrtaceae). **Australian Systematic Botany**, [s.l.], v. 13, n. 4, p.491-507, 2000. CSIRO Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/sb00005>

MCMAHON, L.; GEORGE, B.; HEAN, R. *Corymbia maculata*, *Corymbia citriodora* subsp. *variegata* and *Corymbia henryi*. **Primefact**, [s.l.], v. 73, n. 10, p.1-7, nov. 2010.

MORA, A. L. et al. RESULTADOS DE ENSAIOS E INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES DE *Eucalyptus* NA REGIÃO CENTRO-SUL. **Boletim Informativo do Ipef**, Piracicaba, v. 3, n. 28, p.29-35, jun. 1981. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/boletim_informativo/bolinf28.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2017.

MORAES, W. B. et al. Mapeamento de áreas de risco para ocorrência da ferrugem do eucalipto no Espírito Santo e extremo sul da Bahia. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.40, n.2, p.147-155, 2014.

MORIN, L. et al. Investigating the host-range of the rust fungus *Puccinia psidii* sensulato across Tribes of the family Myrtaceae. **PLOS ONE**, [S. l.], 2012. DOI:10.1371/journal.pone.0035434

OCHIENG, J. W. et al. Genetic Variation Within Two Sympatric Spotted Gum *Eucalypts* Exceeds Between Taxa Variation. **Silvae Genetica**, [s.l.], v. 57, n. 1, p.4-5, abr. 2008.

OCHIENG, J. W. et al. Two sympatric spotted gum species are molecularly homogeneous. **Conservation Genetics**, [s.l.], v. 11, n. 1, p.45-56, 17 out. 2009. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10592-009-0001-3>

Oliveira, J. T. S. et al. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1- avaliações dendrométricas das árvores. **Scientia Forestalis**. n. 56, p. 113-124, dez. 1999

PÁSZTOR, Y. P. C. **Testes de procedências de *Eucalyptus pilularis* S.M. na região de Mogi Guaçu**. Tese de Doutorado, ESALQ (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”), 1972.

PEREIRA, J. C. D. et al. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).

PINTO, C. S. et al. Genetic variability in progenies of *Eucalyptus dunnii* Maiden for resistance to *Puccinia psidii*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 14, n. 3, p. 187 – 193, out. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332014v14n3a28>

PIRES, I. E. et al. **Genética Florestal**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. 318p.
REIS, Cristiane Aparecida Fioravante et al. ***Corymbia citriodora*: estado da arte de pesquisas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2013. 56 p. (Documentos 255; ISSN 1980-3958).

REIS, C. A. F. et al. ***Corymbia maculata*: estado da arte de pesquisas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. 50 p. (Documentos 263; ISSN 1980-3958).

RESENDE, M. D. V. Melhoramento de Essências Florestais. In: **Melhoramento de Espécies Cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: Aluizio Borém, 2005. 969 p.

ROCHA, R. R. et al. Estimação de parâmetros genéticos e seleção de procedências e famílias de *Dipteryx alata* Ogel (Baru) utilizando metodologia de REML/BLUP e E(QM), **Cerne**, Lavras, v. 3, p. 331–338, 2009.

RUIZ, R. A. R et al. Progresso da ferrugem do eucalipto, causada por *Puccinia psidii*, em condições de campo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, n. 14, p. 73 – 81, 1989.

SANTOS, A. F.; AUER, C. G.; GRIGOLETTI – JUNIOR, A. Doenças do eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle. **Circular Técnica 45**, Colombo: Embrapa Florestas, 2001. Disponível em : <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/289926/1/circtec45.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2016.

SANTOS, M. R. et al. Resistance of *Eucalyptus pellita* to rust (*Puccinia psidii*). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 14, n. 4, p. 244 – 250, set. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332014v14n4a38>

SILVA, P. H. M. et al. Balanço nutricional, produção de óleo essencial e madeira de *Corymbia citriodora* Hill & Johnson com aplicação de lodo de esgoto e fertilizante mineral. **Ciência Florestal**, v. 22, p. 835-845, 2012.

SILVA, P. H. M. et al. Selecting for rust (*Puccinia psidii*) resistance in *Eucalyptus grandis* in São Paulo State, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 303, p. 91–97, set. 2013.

SILVA, P. H. M. da et al. Use of genetic markers to build a new generation of *Eucalyptus pilularis* breeding population. **Silvae Genetica**, [s.l.], v. 64, n. 1-6, p.170-181, jan. 2015. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/sg-2015-0016>

SOUZA, S. M.; SILVA, H. D.; PINTO JÚNIOR, J. E. Variabilidade genética e interação genótipo x ambiente em *Eucalyptus pilularis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 1, n. 26, p.3-16, dez. 1993.

VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia Aplicada ao Manejo de Doenças de Plantas**. Belo Horizonte: Perfill Editora, 2004, 532 p.

WANG, H. Taxonomic status and its impact on the introduction and domestication of the eucalypts in China. In: WEI, Run-peng; XU, Daping (Ed.). **Eucalyptus Plantations: Research, Management and Development**. Guangzhou, China: World Scientific, 2002. p. 432.

XAVIER, A. A. et al. Infection process of *Puccinia psidii* in *Eucalyptus grandis* leaves of different ages. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 318 – 325, out. 2015. DOI: 10.1007/s40858-015-0043-7.

ZAUZA, E. A. V. et al. Eficiência de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem do *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, p. 829–835, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010067622008000500007. Acesso em: 19 jul. 2016.

ZAUZA, E. A. V. et al. *Myrtaceae* species resistance to rust caused by *Puccinia psidii*. **Australasian Plant Pathology**, [S. l.], v. 39, n. 5, p. 406 – 411, set. 2010. DOI: 10.1071/AP100

CAPÍTULO 2 - CRESCIMENTO INICIAL E PARÂMETROS GENÉTICOS DE PROCEDÊNCIAS DE *Corymbia* spp.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi conhecer o crescimento inicial e parâmetros genéticos de procedências de *Corymbia henryi* (CH), *Corymbia citriodora* sub. *variegata* (CCV) e *Corymbia maculata* (CM). As populações de CCV, CM e CH são testes de procedências sem a estrutura de progênies. Os caracteres altura e sobrevivência de plantas foram mensurados aos 6, 9 e 13 meses após o plantio. O diâmetro à altura do peito (DAP) foi mensurado aos 13 meses. Posteriormente, os parâmetros genéticos foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrição/melhor predição linear não viciada (REML/BLUP). CH, CCV e CM apresentaram crescimento de 4,5; 4,17; e 3,78 m aos 13 meses, respectivamente. Houve diferença em altura entre procedências de CH aos 6 meses, sendo que CH apresentou valores altos a moderados de herdabilidade da média de procedências (H^2m) nas três épocas de avaliação (0,74 a 0,62). CCV e CM não apresentaram diferença entre procedências e tiveram valores baixos de H^2m para altura de plantas nas três épocas (0,04 a 0,34). Nesse caráter houve efeito significativo de parcelas nas três espécies e épocas de avaliação. Na sobrevivência, houve diferença entre procedências apenas aos 9 meses em CH e a H^2m apresentou valores moderados nas três épocas. Para CCV e CM os valores de H^2m foram baixos. A H^2m para DAP foi baixa nas três espécies. As espécies apresentaram rápido crescimento inicial. O CH exibiu forte controle genético para altura de plantas. CCV e CM apresentaram menor controle genético para altura de plantas.

Palavras-chave: teste de procedências; melhoramento genético; controle genético.

ABSTRACT

This work aimed to know the growth and initial genetic parameters of *Corymbia henryi* (CH), *Corymbia citriodora* subs. *variegata* (CCV) and *Corymbia maculata* (CM). Populations of CCV, CM and CH were trials of provenances without progeny structure. The trait height and survival of plants were measured at 6, 9 and 13 months after planting. Diameter at breast height (DBH) was measured at 13 months. CH, CCV and CM presented growth of 4.5; 4.17; and 3.78 m at 13 months, respectively. There was a difference in height between provenances of CH at 6 months, and CH presented high to moderate values of heritability of the mean of provenances (H^2_{mp}) in the three evaluation periods (0.74 to 0.62). CCV and CM showed no difference between provenances and had low values of H^2_{mp} for plant height in the three times (0.04 to 0.34). In this trait there was significant effect of plots in the three species and times of evaluation. For survival there was difference between provenances only at 9 months in CH and H^2_m presented moderate values in the three times. For CCV and CM the H^2_{mp} values were low. The H^2_{mp} for DAP was low in all three species. The species presented rapid initial growth. CH showed strong genetic control for plant height. CCV and CM presented lower genetic control for plant height.

Keywords: provenance test; genetic improvement; genetic control.

2.1 Introdução

A introdução de espécies é importante no sentido de possibilitar alternativas aos novos desafios do setor florestal: como estresses bióticos e abióticos, novas exigências de mercado e contribuir com contínuo ganho de produtividade. Além disso, o aumento dos danos com pragas e doenças e o risco de ocorrência de novas são ameaças constantes (WINDGFIELD et al., 2008). A introdução de espécies de eucalipto é uma maneira de atenuar os riscos.

Essa introdução pode iniciar por meio de testes de espécies e de procedências, pois assim é possível selecionar as melhores para a composição das populações bases. Posteriormente pode ser utilizado o teste de progênie das procedências e espécies mais adequadas. O uso de tais testes permitem estudar e manter a variabilidade genética (FERREIRA; ARAÚJO, 1981), fomentar a continuidade do programa de melhoramento, servindo para posteriores trabalhos de introgressão de características desejáveis por meio do melhoramento clássico (SILVA et al., 2017)

As espécies *Corymbia henryi*, *Corymbia citriodora* sub. *variegata* e *Corymbia maculata*, conhecidas popularmente na Austrália como “spotted gums”, são potenciais para introdução no Brasil, pois essas têm sido estudadas e melhoradas na Austrália e África do Sul, sendo o objetivo na Austrália a produção de madeira para serraria (LEE et al., 2009). No Brasil, o interesse é para produção de celulose, pois principalmente seus híbridos com *C. torelliana* apresentam madeira com qualidade para tal (ASSIS, et al, 2015).

A madeira de híbridos e espécie pura de “spotted gums” revelaram baixo consumo específico e alto rendimento na produção de celulose (BRAWNER et al., 2012; ASSIS, 2015). Além disso, existe a possibilidade de obter produtividade satisfatória em sítios com baixa precipitação (HARWOOD et al., 2011). Estudos tem destacado que procedências e híbridos de “spotted gums” apresentaram resistência à geada (LARMOUR et al, 2000; LEE et al., 2007). As espécies puras e híbridos de “spotted gums” eram conhecidos por ter estaquia e miniestaquia difíceis de se realizar por causa do baixo enraizamento. No entanto, mudanças nos processos de enraizamento e o uso do híbrido com *C. torelliana* tem possibilitado níveis excelentes de enraizamento (SMITH, 2005; ASSIS, 2015). Estudos tem destacado o potencial de *C.*

henryi, *C. citriodora* sub. *variegata* e *C. maculata* para inclusão em programas de melhoramento genético no Brasil (REIS et al., 2014; SILVA et al., 2017).

Essas espécies e os híbridos ainda não são amplamente utilizadas em plantações comerciais. Dessa forma, é necessário iniciar os estudos em procedências dessas visando fomentar o processo contínuo de melhoramento genético e hibridação. Portanto, o objetivo deste trabalho foi conhecer o crescimento inicial e parâmetros genéticos de procedências de *Corymbia henryi* (CH), *Corymbia citriodora* sub. *variegata* (CCV) e *Corymbia maculata* (CM).

2.2 Material e métodos

As mudas foram produzidas no município de Piracicaba – SP (latitude 22° 43' S; longitude 47° 38'; altitude 547 m) cujo o clima é do tipo Cwa, segundo classificação de Köppen, tropical de altitude com chuvas concentradas no verão. A produção das mudas seguiu o protocolo de produção comercial. As sementes foram colocadas diretamente em tubetes de 55 cm³ de volume com uma mistura: cascas de arroz, fibra de coco e vermiculita. A adubação foi realizada aproximadamente três vezes por semana com uma solução de 450 g de nitrato de cálcio; 300 g de nitrato de amônio; 250 g de fosfato mono amônio (MAP); 300 g de nitrato de potássio; 250 g de sulfato de magnésio; 250 g de sulfato de amônio; 2,5 g de ferro; 0,85 g de sulfato de manganês; 0,75 g de ácido bórico; 0,325 g de sulfato de zinco; 0,1 g de sulfato de cobre; e 0,005 g de molibdato de sódio em 1000 l de água.

As populações das três espécies foram implantadas na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga da USP (EECF-Esalq Itatinga – SP), localizada no município de Itatinga - SP (latitude 23° 02'; longitude 48° 37'; e altitude de 830 m). O clima do município de Itatinga, segundo classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico úmido (Cwa) com precipitação média anual de 1350 mm. A temperatura média anual é de 19,4°C e a umidade relativa de 83,3%, podendo ocorrer geadas leves nos meses de inverno.

As populações de *C. henryi* (CH), *C. citriodora variegata* (CCV), *C. maculata* (CM) são testes de procedências sem estrutura de progênies que foram implantados em outubro de 2016. As mudas foram produzidas com sementes importadas da Austrália (Quadro 1).

Quadro 1 - Descrição dos lotes de sementes utilizados para implantação das populações de *Corymbia henryi*, *Corymbia citriodora* sub. *variegata*, *Corymbia maculata*

Procedência	Lote	População de coleta	Quantidade de matrizes	Fornecedor	Latitude	Longitude	Altitude(m)
C. henryi							
Barclays Deniliquin	20786a	Pomar de sementes	7	CSIRO	35,29S	145,14L	100
	20786b		7				
	20664		5				
	20539		9				
Holbrook	21040	Pomar de sementes	9	CSIRO	35,32S	147,23L	400
	20663		4				
C. citriodora sub. variegata							
Barakula SF	19664	Natural	11	CSIRO	26,16S	150,32L	300
Kirrima	5298	-	-	-	20,05S	146,25L	-
Quaid Rd N QLD	21110	Natural	15	CSIRO	16,45S	145,26L	500
Richmond Range SF	20597	Natural	57	CSIRO	28,62 S	152,99 L	75
	20583		10				
Leyburn S.F.	20420	Natural	8	CSIRO	28,02S	151,37L	500
Monto SF	19694	Natural	9	CSIRO	24,49S	150,56L	475
Mount Moffat NP	19666	Natural	10	CSIRO	24,53S	147,59L	1000
Murphy Range	19691	Natural	10	CSIRO	25,17S	149,11L	420
Paddys Land	20396	Natural	16	CSIRO	30,14S	152,1L	1100
Richmond Range	20596	Natural	10	CSIRO	28,55S	152,44L	350
Richmond Range	20582	Natural	57	CSIRO	28,39S	152,44L	350
Saddler Springs	19665	Natural	15	CSIRO	25,06S	148,04L	700
Woondum	1122	-	-	Dendros Seeds	26,25S	152,73L	-
Woondum e Wondai	19426	-	-	CSIRO	26,25S	152,73L	-
C. maculata							
Barclays Deniliquin	20541	Pomar de sementes	41	CSIRO	35,29S	145,14L	100
	20658		19				
	20772		25				
	20884		13				
Bodalla SF	19422	Natural	10	CSIRO	36,16S	150,01L	60
	20598		12		36,16S	150,01L	100
Bunyip VIC	21069	Pomar de sementes	12	CSIRO	38,03S	145,42L	100
Holbrook	20662	Pomar de sementes	5	CSIRO	35,32S	147,23L	343
	21004		8				
	21004		8				
Mystery Bay	20599	Natural	15	CSIRO	36,17S	150,06L	60
Southern NSW	20997	Pomar de sementes	33	CSIRO	36,01S	146,13L	165
	21061		48				
	21061		48				
	21062		22				
	21141		52				
	21154		4				

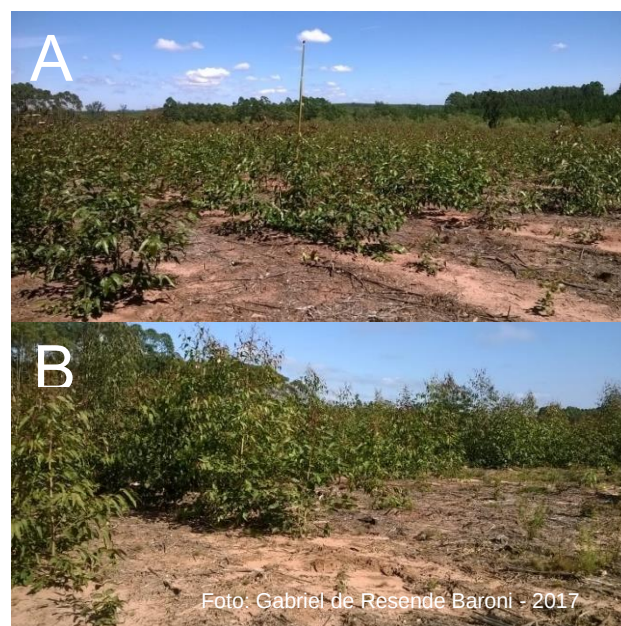
Nota: (-) Ausência de informações.

Foi utilizado o espaçamento 3,0 x 2,0 m e os tratos silviculturais: preparo de solo com subsolagem maior que 45 cm; controle de formigas com isca granulada; controle químico de plantas daninhas no pós e pré-plantio; fertilização de base e cobertura (de acordo com a análise de solo); irrigação de mudas na implantação com a aplicação de 2 a 4 litros de água por muda.

Foi utilizado o delineamento de blocos ao acaso com parcelas lineares de 10 plantas. O teste de CH foi composto de 10 blocos, seis tratamentos (procedências). Os testes de CCV e CM possuíram nove blocos cada, sendo que CCV possuía 15 tratamentos e CM possuía 17 tratamentos. Cabe destacar que devido à mortalidade de mudas no viveiro, houve quantidade desigual de mudas por procedência para a implantação dos testes. Assim existiram blocos incompletos, ou seja, com procedência a menos. Dessa forma, o teste de CH possuía 550 plantas e os testes de CCV e CM 1050 plantas cada.

Foram coletados os dados diários de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar pela estação meteorológica da EECF-Esalq – Itatinga. Foi mensurada a altura de plantas aos 6, 9 e 13 meses após o plantio (Figura 1). Aos 13 meses foi mensurado também o diâmetro à altura do peito (DAP).

Figura 1 - A - teste de *Corymbia* sp. com 6 meses após o plantio. B - teste de *Corymbia* sp. com 9 meses após o plantio



Posteriormente, foi realizada a análise de *deviance* para verificar diferença entre procedências e parcela nos caracteres mensurados. O software Selegen (RESENDE, 2007a) forneceu os valores de *deviance* quando se rodam os modelos com e sem os efeitos a serem testados. Fez-se a diferença dos valores de *deviance* para o modelo com e sem o efeito a ser testado, obtendo a razão de verossimilhança. Usando o teste de qui-quadrado à 5% de significância com 1 grau de liberdade testou-se a diferença dessa significância via LRT (Teste da Razão de Verossimilhança).

Os parâmetros genéticos foram estimados pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita/Melhor Predição Linear Não Viciada (REML/BLUP), utilizando o programa *Selegen* conforme descrito por Resende (2016). As variáveis quantitativas foram analisadas pela metodologia do modelo linear misto (RESENDE, 2007b).

Os parâmetros genéticos obtidos foram: a herdabilidade da média de procedências (H^2_{mp}); coeficiente de determinação dos efeitos de parcela (c^2_{parc}); acurácia da seleção de procedências (A_c); média geral do experimento. Também foram obtidos o coeficiente de variação genotípica (CV_g) e experimental (CV_e).

Foi utilizado o modelo 24 do programa Selegen (RESENDE, 2007a; RESENDE, 2016):

$$y = Xr + Zg + Wp + e \quad (1)$$

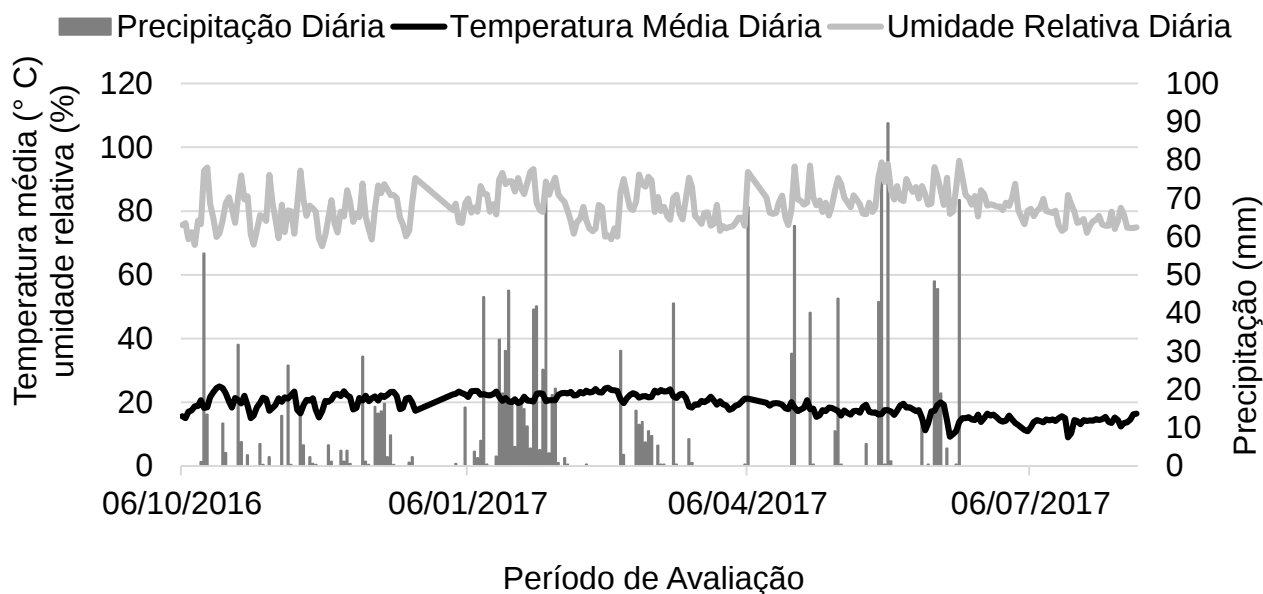
Onde y , r , g , p e e são respectivamente vetores de dados, dos efeitos da repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, dos efeitos genotípicos de populações (assumidos como aleatórios), dos efeitos de parcela, de erros ou resíduos. X , Z e W são as matrizes de incidência para tais efeitos.

As análises e estimativas dos parâmetros genéticos foram realizados separadamente para cada época de avaliação (meses após o plantio) por espécie.

2.3 Resultados e discussão

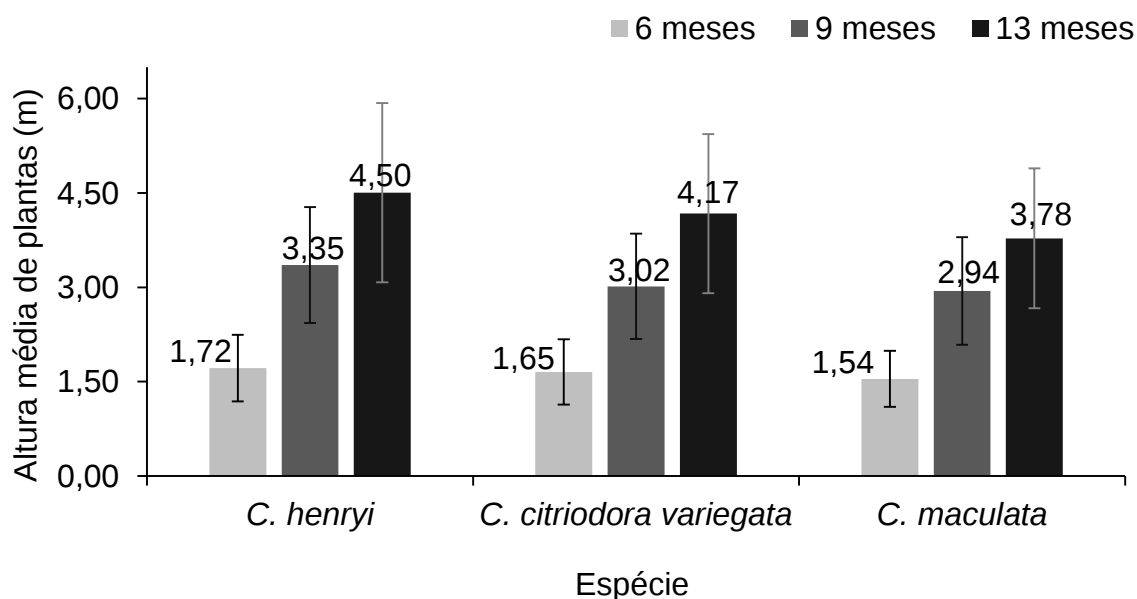
As populações foram corretamente manejadas, sendo implantadas no início da primavera, assim tiveram boa disponibilidade hídrica e temperaturas adequadas na fase de estabelecimento (Figura 1).

Figura 1 - Dados climáticos de Itatinga - SP coletados durante o período de avaliação dos testes de *C. henryi*, *C. citriodora* sub. *variegata* e *C. maculata*



As três espécies apresentaram rápido crescimento inicial, quando observa a altura de plantas aos 13 meses, tiveram um crescimento médio mensal de 0,32 m (Figura 2). A maior diferença em crescimento foi do sexto ao nono mês, como por exemplo *C. henry* (CH) que apresentou crescimento de 1,63 m nesse período.

Figura 2 - Altura média e desvio padrão de altura de plantas dos testes de *C. henryi*, *C. citriodora* sub. *variegata* e *C. maculata* aos 6, 9 e 13 meses após o plantio em Itatinga – SP



Nos primeiros meses o plantio está sujeito há muita competição com as plantas daninhas por recursos como água, luz e nutrientes. O crescimento rápido em altura antecipa o sombreamento das plantas invasoras mais próximas ao solo, sendo que a insuficiência de radiação solar na superfície do solo reduz a taxa de crescimento de daninhas reduzindo os gastos com o controle da matocompetição (TAROUÇO et al., 2009; APARÍCIO et al., 2010; ELOY et al., 2014).

Após o período de estabelecimento espera-se bom crescimento do eucalipto, quando não ocorre limitações bióticas e abióticas, e o único limitante ao crescimento é sua capacidade biológica (GONÇALVES; BENEDETTI, 2000).

As alturas médias foram superiores às outras espécies encontradas na literatura. Progenies de *E. camuldulensis* e *E. tereticornis* apresentaram 2,35 m e 1,66 m, respectivamente, aos 9 meses após plantio (LUO et al., 2013). O híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* aos 9 meses teve altura média de 200 cm (JUNG et al., 2017). Contudo, progenies de CCV aos 12 meses após a implantação, no sítio que teve maior crescimento, apresentou 3,00 m de altura, ou seja, um valor mais próximo ao apresentado neste trabalho (BRAWNER et al., 2011).

De acordo com o teste de razão de verossimilhança (LRT) com 5% de significância, não houve diferença entre procedências para altura aos 6, 9 e 13 meses em *C. citriodora sub. variegata* (CCV) e em *C. maculata* (CM) (Tabela 1). Houve diferença entre procedências de *C. henryi* (CH) para o caráter altura aos 6 meses.

Tabela 1 - Análise de deviance e teste da razão de verossimilhança (LRT) dos efeitos de procedências e parcelas em altura de plantas de *C. henryi*, *C. citriodora sub. variegata* e *C. maculata* em Itatinga - SP

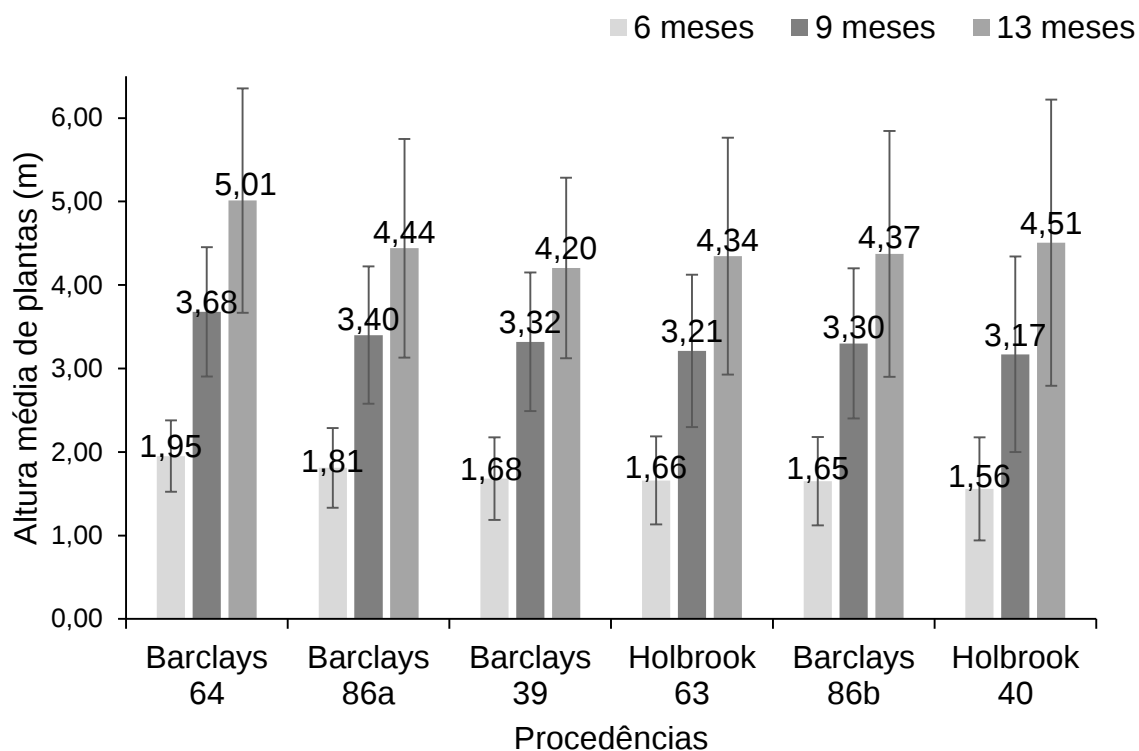
Efeito	<i>C. henryi</i> (CH)					
	Altura 6 meses		Altura 9 meses		Altura 13 meses	
	<i>Deviance</i>	LRT	<i>deviance</i>	LRT	<i>deviance</i>	LRT
Procedência	4719,96	5,18*	5296,71	2,27	873,66	2,57
Parcela	4729,85	15,07*	5300,19	5,75*	877,38	6,29*
Modelo Completo	4714,78		5294,44		871,09	
	<i>C. citriodora variegata</i> (CCV)					
	8795,01	0,01	9750,57	0,01	1376,49	0,01
	8877,23	82,23*	9826,75	76,19*	1454,40	77,92*
Modelo Completo	8795,00		9750,56		1376,48	
	<i>C. maculata</i> (CM)					
	8649,93	0,67	10006,44	0,02	1159,69	0,02
	8686,85	37,59*	10056,55	50,13*	1210,74	51,07*
Modelo Completo	8649,26		10006,42		1159,67	

Notas: *Diferença à 5% significância para qui-quadrado tabelado com 1 grau de liberdade. Valores superiores à 3,89 apresentam diferença significativa.

Houve efeito significativo de parcelas no caráter altura nos três meses de avaliação nos três testes. Esse resultado demonstra que houve heterogeneidade de parcelas dentro dos blocos.

O CH foi a única espécie que apresentou diferença significativa entre procedências, sendo que a procedência Barclays Deniliquin lote 20664 apresentou maior altura desde a primeira medição aos 6 meses (Figura 3). Nos demais meses não houve efeito significativo, apesar de Barclays Deniliquin lote 20664 continuar apresentando maior altura de plantas.

Figura 3 – Altura média e desvio padrão da altura de plantas de procedências de *Corymbia henryi* aos 6, 9 e 13 meses após o plantio em Itatinga - SP



Para o caráter sobrevivência, a análise de *deviance* e LRT indicaram diferença significativa entre procedências apenas para CH aos 9 meses (Tabela 2). Para os demais testes e épocas, não houve efeito significativo entre procedências nem parcelas.

Tabela 2 - Análise de *deviance* e teste da razão de verossimilhança (LRT) dos efeitos de procedências e parcelas na sobrevivência de plantas (Sob) aos 6, 9 e 13 meses após plantio em Itatinga - SP

Efeito	<i>C. henryi</i>					
	Sob 6 meses		Sob 9 meses		Sob 13 meses	
	<i>deviance</i>	LRT	<i>Deviance</i>	LRT	<i>deviance</i>	LRT
Procedência	-1489,41	1,65	-1411,28	4,73*	-1311,48	1,90
Parcela	-1491,06	0,00	-1415,98	0,03	-1312,54	0,84
Modelo Completo	-1491,06		-1416,01		-1313,38	
	<i>C. citriodora variegata</i>					
	Sob 6 meses		Sob 9 meses		Sob 13 meses	
	<i>deviance</i>	LRT	<i>Deviance</i>	LRT	<i>deviance</i>	LRT
Procedência	-2876,94	0,02	-2556,66	-0,02	-2412,00	0,36
Parcela	-2874,52	2,44	-2553,02	3,62	-2410,70	1,66
Modelo Completo	-2876,96		-2556,64		-2412,36	
	<i>C. maculata</i>					
	Sob 6 meses		Sob 9 meses		Sob 13 meses	
	<i>deviance</i>	LRT	<i>Deviance</i>	LRT	<i>deviance</i>	LRT
Procedência	-3165,31	0,00	-2963,23	0,01	-2410,48	0,06
Parcela	-3165,29	0,02	-2963,17	0,07	-2410,07	0,47
Modelo Completo	-3165,31		-2963,24		-2410,54	

Notas: (*) Diferença à 5% significância para qui-quadrado tabelado com 1 grau de liberdade. Valores superiores à 3,89 apresentam diferença significativa.

A procedência Holbrook lote 40 de CH teve a menor média de sobrevivência (92%) aos 9 meses. Para as demais procedências, os valores variaram de 98% a 100%. A H^2_{mp} (herdabilidade da média de procedências) da sobrevivência em CH aos 9 meses possui valor moderado (0,69) (Tabela 3), sendo que na avaliação posterior esse valor reduziu e o LRT não identificou novamente o efeito significativo. Isso ocorreu porque aos 13 meses a sobrevivência se manteve em 92% em Holbrook lote 40, porém ocorreu redução nas demais procedências, assim os valores tenderam a se igualarem, consequentemente o LRT não apresentou efeito significativo e a H^2_{mp} baixou.

Tabela 3 - Parâmetros genéticos de procedências de *Corymbia henryi*, *Corymbia citriodora* sub. *variegata*, *Corymbia maculata* para o caráter sobrevivência aos 6, 9 e 13 meses após o plantio

Parâmetros Genéticos	<i>C. henryi</i>			<i>C. citriodora variegata</i>			<i>C. maculata</i>		
	Sobrevivência de plantas								
	6 meses	9 meses	13 meses	6 meses	9 meses	13 meses	6 meses	9 meses	13 meses
H ² mp *	0,51	0,69	0,56	0,08	0,08	0,25	0,02	0,02	0,11
C ² parc	0,00	0,00	0,02	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,01
Ac	0,71	0,83	0,75	0,28	0,29	0,50	0,12	0,16	0,33
Média	0,98	0,97	0,96	0,98	0,97	0,96	0,98	0,98	0,96
CVg (%)	1,54	2,45	2,23	0,53	0,25	1,29	0,18	0,25	0,74
CVe (%)	14,97	16,07	17,67	15,10	17,71	19,11	13,21	14,61	19,26

Notas: (*) H²mp – herdabilidade da média de procedências; C²parc – coeficiente de determinação do efeito de parcelas; Ac – acurácia de seleção; Média – média aritmética do teste; CVg – coeficiente de variação genotípica; CVe – coeficiente de variação experimental.

O valor alto de H²mp para a altura foi em CH aos 6 meses (0,74) e se manteve até 13 meses com valores moderados (Tabela 4). A H²mp de CCV para o caráter altura foi baixa nas três épocas. CM aos 6 meses apresentou um valor máximo de H²mp (0,36), porém nas demais avaliações os valores se reduziram , sendo também considerados baixos.

Tabela 4 - Parâmetros genéticos de procedências de *C. henryi*, *C. citriodora* sub. *variegata*, *C. maculata* do caráter altura de plantas aos 6, 9 e 13 meses após o plantio em Itatinga - SP

Parâmetros Genéticos	<i>C. henryi</i>			<i>C. citriodora variegata</i>			<i>C. maculata</i>		
	Altura de Plantas								
	6	9	13	6	9	13	6	9	13
	meses	meses	meses	meses	meses	meses	meses	meses	meses
H ² mp *	0,74	0,61	0,62	0,06	0,04	0,06	0,34	0,06	0,07
C ² parc	0,11	0,06	0,07	0,20	0,18	0,19	0,12	0,14	0,15
Ac	0,86	0,78	0,79	0,24	0,20	0,25	0,58	0,24	0,26
Média (m)	1,72	3,35	4,50	1,65	3,02	4,17	1,54	2,94	3,78
CVg (%)	7,13	4,23	4,88	1,25	0,93	1,32	2,95	1,10	1,28
CVe (%)	28,41	26,00	28,99	25,59	23,51	26,73	25,25	26,15	26,71

Notas: (*) H²mp – herdabilidade da média de procedências; C²parc – coeficiente de determinação do efeito de parcelas; Ac – acurácia de seleção; Média – média aritmética do teste; CVg – coeficiente de variação genotípica; CVe – coeficiente de variação experimental.

A herdabilidade é de extrema importância no programa de melhoramento, pois essa representa a porção da variação fenotípica que é herdável e possível de ser aproveitada na seleção (MORAES et al., 2015).

CH em altura aos 6 meses apresentou o mais alto valor de Ac (acurácia de seleção de procedências). A acurácia representa a qualidade da avaliação genotípica e valores acima de 0,70 são considerados altos (RESENDE, 2007a; RESENDE; DUARTE, 2007).

Os valores de CVg (coeficiente de variação genética) foi alto para altura em CH aos 6 meses, porém nas demais avaliações os valores baixaram se mantendo em magnitude moderada. Em CCV e CM no caráter altura de plantas os valores em todas as épocas foram baixos. O CVg é o parâmetro responsável por quantificar a magnitude da variabilidade genética presente na população, sendo que valores maiores que 7% são considerados altos (RESENDE, 1991; SEBBENN et al., 1998).

O C²parc (coeficiente de determinação do efeito de parcelas) do caráter altura em CH foi baixo, apesar de existir efeito significativo nas três épocas. Para CCV e CM esses valores foram altos em todas as épocas. Esse parâmetro é a quantificação da variabilidade ambiental entre parcelas dentro dos blocos e valores inferiores a 10% são considerados baixos. Assim, em CCV e CM apresentaram heterogeneidade dentro dos blocos, ou seja, os blocos foram instalados de forma inadequada e pelos valores acima de 0,10 o efeito de parcelas influenciou na estimativo dos parâmetros genéticos (RESENDE, 2002).

O CVe (coeficiente de variação experimental) para altura nas três espécies variou entre 23,04% a 28,99%, sendo considerados muito altos (GARCIA, 1989). Esses valores estão à Sebben et al. (2004) e superiores à Recco et al. (2016). Tais autores avaliaram testes de procedências sem estrutura de progênies para *Araucaria angustifolia* e *Aspidosperma* spp. e encontraram valores aproximados de 41 e 25%, respectivamente, para altura de árvores com 2 a 30 meses. Porém esses valores são superiores à Moraes et al. (2014), Pupin et al. (2015) e Moraes et al. (2016) que estudaram testes de progênies/procedências de *E. dunni* e *E. urophylla* com 12 e 24 meses de idade e apresentaram valores aproximados de 15%.

Testes de procedências possuem valores maiores que os demais experimentos, pois refletem maior heterogeneidade do material (GARCIA, 1989). A alta variância residual proporcionou tais valores, pois trata-se de testes onde há muita variação entre indivíduos na mesma procedência.

Não houve efeito significativo entre procedências para caráter DAP (diâmetro à altura do peito) aos 13 meses (Tabela 5). Entretanto, todos os testes apresentaram efeito significativo entre parcelas.

Tabela 5 - Análise de *deviance* e teste da razão de verossimilhança (LRT) dos efeitos de procedências e parcelas no DAP (diâmetro à altura do peito) aos 13 meses

Efeito	DAP 13 meses	
	<i>deviance</i>	LRT
<i>C. henyi</i>		
Procedência	621,23	0,02
Parcela	626,34	5,13*
Modelo		
Completo	621.21	
<i>C. citriodora variegata</i>		
Procedência	1053,65	0,13
Parcela	1126,26	72,74*
Modelo		
Completo	1053.52	
<i>C. maculata</i>		
Procedência	1180,75	0,04
Parcela	1222,62	41,91*
Modelo		
Completo	1180,71	

Nota: (*) Diferença à 5% significância para qui-quadrado tabelado com 1 grau de liberdade. Valores superiores à 3,89 apresentam diferença significativa.

Os valores de H²mp foram considerados baixos nos testes (Tabela 7). Os valores de CVg também foram baixos, demonstrando baixa variação genotípica para o caráter DAP (Tabela 6).

Tabela 6 - Parâmetros genéticos para o caráter DAP (diâmetro à altura do peito) em teste de procedências de *C. henryi* (CH), *C. citriodora variegata* (CCV) e *C. maculata* (CM)

Parâmetros Genéticos	<i>C. henryi</i> (CH)	<i>C. citriodora variegata</i> (CCV)	<i>C. maculata</i> (CM)
	DAP aos 13 meses		
H ² mp *	0,12	0,17	0,11
C ² parc	0,06	0,21	0,15
Ac	0,35	0,42	0,33
Média (cm)	4,05 ± 1,14**	3,82 ± 1,16	3,96 ± 1,19
CVg (%)	1,28	2,45	1,67
CVe (%)	26,72	26,44	27,39

Legenda: * H²mp – herdabilidade da média de procedências; C²parc – coeficiente de determinação do efeito de parcelas; Ac – acurácia de seleção; Média – média aritmética do teste; CVg – coeficiente de variação genotípica; CVe – coeficiente de variação experimental. ** Desvio padrão fenotípico

As médias de DAP foram inferiores à Aparício et al. (2010) que apresentaram valor de 6,06 cm em *E. grandis* x *E. urophylla* aos 13 meses e à Bellote et al. (1980) que apresentaram 4,80 cm em *E. grandis* aos 12 meses.

Em CCV e CM os valores de C²parc foram altos (>0,10) confirmando a alta heterogeneidade de parcelas dentro dos blocos. O CVe foram considerados muito altos para o caráter DAP em todos os testes indicando alta variação ambiental (GARCIA, 1989). Os valores de Ac foram considerados baixos para o três testes (RESENDE; DUARTE, 2007).

2.4 Considerações finais

As três espécies apresentaram rápido crescimento inicial e boa sobrevivência de plantas. Houve diferença significativa entre procedências de *C. henryi* (CH) aos 6 meses após o plantio, sendo a procedência Barclays Denilquin lote 20664 a melhor até o momento.

O *C. henryi* (CH) apresentou valores altos a moderados de herdabilidade da média de procedências (H²mp) para altura e sobrevivência de plantas. Houve efeito de parcelas significativo no caráter altura nas três épocas.

C. citriodora variegata (CCV) e *C. maculata* (CM) apresentaram baixa H²mp para o caráter altura de plantas e sobrevivência. Houve efeito significativo de parcelas no caráter altura nas três épocas.

O caráter DAP apresentou baixo controle genético para as três espécies.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, T. F. Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas. In 3º ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3, 2015, Campinas. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2015. p.127-148.
- APARÍCIO, P. S. et al. Controle da matocompetição em plantios de dois clones de *Eucalyptus* × *urograndis* no Amapá. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 381-390, jul.-set., 2010.
- BELLOTE, A. F. J. et al. Extração e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden em função da idade: 1 –Macronutrientes. **IPEF**, n.20, p.1-23, jun.1980.
- BRAWNER, J. T. et al. Relationships between early growth and *Quambalaria* shoot blight tolerance in *Corymbia citriodora* progeny trials established in Queensland, Australia. **Tree Genetics & Genomes**, [s.l.], v. 7, n. 4, p.759-772, 23 fev. 2011. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11295-011-0372-8>
- BRAWNER, J. T. et al. Selection of *Corymbia citriodora* for pulp productivity. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, [s.l.], v. 74, n. 2, p.121-131, jul. 2012. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.2989/20702620.2012.701418>
- ELOY, E. et al. Período adequado de controle de plantas invasoras em plantios florestais. **Revista Ciência da Madeira - Rcm**, [s.l.], v. 5, n. 2, p.80-84, 30 nov. 2014. Revista de Ciencia de Madeira. <http://dx.doi.org/10.12953/2177-6830.v05n02a01>
- GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e Fertilização Florestal**. Piracicaba: Ipef (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais), 2000. 427 p. ISSN 9788590135814.
- FERREIRA, M.; ARAUJO, A. J. **Procedimentos e recomendações para testes de procedência**. Curitiba: Embrapa, 1981. 28 p. Disponível em: <ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/17015/1/doc06.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- GARCIA, C. H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação: Circular Técnica No 171. **Ipef**, Piracicaba, v. 1, n. 171, p.1-10, nov. 1989. ISSN 0100-3453. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr171.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2017.
- HARWOOD, C. New Introductions - Doing it right. In: DEVELOPING A EUCALYPT RESOURCE: LEARNING FROM AUSTRALIA AND ELSEWHERE, 2011, [s. l.]. **Proceedings...** [S.l.]: Farm Forestry Association, 2011. p. 43 - 52. Disponível em: <<http://nzdfi.org.nz/wp-content/uploads/2014/12/Developing-a-Eucalypt-Resource-Workshop-Proceedings-November2011.pdf#page=47>>. Acesso em: 19 ago. 2017.
- JUNG, L. H. et al. Irrigação no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus grandis* × *Eucalyptus camaldulensis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p.655-667, abr. 2017.
- LARMOUR, J. S. et al. Variation in frost tolerance and seedling morphology of the spotted gums *Corymbia maculata*, *C. variegata*, *C. henryi* and *C. citriodora*. **Australian Journal Of Botany**, [s.l.], v. 48, n. 4, p.445-453, 2000. CSIRO Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/bt98065> .

LEE, D. J. Achievements in forest tree genetic improvement in Australia and New Zealand 2: Development of *Corymbia* species and hybrids for plantations in eastern Australia. **Australian Forestry**, [s.l.], v. 70, n. 1, p.11-16, jan. 2007. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00049158.2007.10676256>

LEE, D. J. et al. Comparative performance of *Corymbia* hybrids and parental species in subtropical Queensland and implications for breeding and deployment. **Silvae Genetica**, [S.l.], v. 58, n. 6, p.205-209, mar. 2009.

LUO, J. et al. Genetic variation in *Eucalyptus camaldulensis* and *E. tereticornis* for early growth and susceptibility to the gall wasp *Leptocybe invasa* in China. **Euphytica**, [s.l.], v. 196, n. 3, p.397-411, 12 dez. 2013. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-013-1042-8>.

MORAES, C. B. et al. Estimativas dos parâmetros genéticos para seleção de árvores de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 104, p.623-629, dez. 2014. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr104/cap16.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

MORAES, C. B. et al. Variabilidade genética em progênies de meios-irmãos de eucaliptos para tolerância ao frio. **Revista Árvore**, Viçosa, Mg, v. 39, n. 6, p.1047-1054, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000600007>

MORAES, C. B. et al. Controle genético para a tolerância a geada em progênies de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 110, p.373-381, jun. 2016. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/leitura.asp?Article=10&Number=110>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

PUPIN, S. et al. Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, p.127-134, mar. 2015. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr105/cap12.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2017.

REIS, C. A. F. et al. ***Corymbia maculata***: estado da arte de pesquisas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. 50 p. (Documentos 263; ISSN 1980-3958).

RECCO, C. R. S. B. et al. Variação fenotípica para caracteres silviculturais em populações de *Aspidosperma* spp. sem estrutura de progênies. **Revista do Instituto Florestal**, [s.l.], v. 28, n. 1, p.49-57, 2016. Editora Cubo Multimidia. <http://dx.doi.org/10.4322/rif.2016.003>

RESENDE, M. D. V. Correções nas expressões do progresso genético com seleção em função da amostragem finita dentro de famílias de populações e implicações no melhoramento florestal. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n.22/23, p.61-77, 1991.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V. **SELEGEN-REML/BLUP: Seleção Estatística e Seleção Genética Computadorizada via Modelos Lineares Mistos**. [s. L.]: Embrapa, 2007a.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e Estatística na Análise de Experimentos e no Melhoramento Genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b.

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. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a49>

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

SEBBENN, A. M. et al. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva - *Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 53, p.31-38, jun. 1998.

SEBBENN, A. M. et al. VARIAÇÃO GENÉTICA EM CINCO PROCEDÊNCIAS DE *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. NO SUL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n. 2, p.91-99, dez. 2004.

SILVA, P. H. M. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies de eucalipto em diferentes condições climáticas. **Scientia Forestalis**, [s.l.], v. 45, n. 115, p.1-1, 1 set. 2017. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF). <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n115.13>

SMITH, H. FORESTS NSW CORYMBIA BREEDING AND DEPLOYMENT PROGRAM. In: CORYMBIA RESEARCH MEETING, 1., 2005, Gympie. **Proceedings....** Gympie: Queensland Government, 2005. p. 22 – 23

TAROUCO, C. P. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas na fase inicial de crescimento do eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 9, p.1131-1137, set. 2009.

WINGFIELD, M. J. et al. Eucalypt pests and diseases: growing threats to plantation productivity. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, Pretoria, v.70, n. 2, p.139–144, 2008.

CAPÍTULO 3 - CRESCIMENTO INICIAL E PARÂMETROS GENÉTICOS DE *Eucalyptus pilularis* Smith

RESUMO

Este trabalho visou estudar o crescimento e os parâmetros genéticos iniciais de progênies de *E. pilularis* obtidas de diferentes populações implantadas no Brasil nas décadas de 70 e 80. O teste foi implantado em março de 2017 em Itatinga-SP. Foram utilizadas 115 progênies de polinização aberta. Após 7 meses de implantação, foram mensuradas a altura e a sobrevivência de plantas. Para avaliar a significância do efeito de progênies e de parcelas, foi realizada a análise de *deviance* e teste da razão de verossimilhança a 5% de significância com 1 grau de liberdade. Os parâmetros genéticos foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada (REML/BLUP). A altura média do teste foi de 1,47 m e a sobrevivência foi de 98%. Houve diferença significativa entre progênies e entre parcelas para o caráter altura de plantas. Para esse caráter, a herdabilidade individual no sentido restrito (H^2_a) foi de 0,38 e a herdabilidade da média de progênies (H^2_m) foi de 0,76. A acurácia seletiva de progênies (A_c) apresentou valor de 0,87. O coeficiente de variação genotípica (CV_g) foi de 8,13. O coeficiente de determinação de parcelas (C^2_{parc}) foi de 0,12 e coeficiente de variação experimental (CV_e) foi de 16,77. As progênies de *E. pilularis* apresentaram bom crescimento inicial. Os valores de H^2_a , H^2_m , A_c e CV_g foram altos mostrando o bom potencial para a continuidade do programa de melhoramento genético.

Palavras-chave: altura de plantas; sobrevivência de plantas; herdabilidade; melhoramento genético.

ABSTRACT

This work aimed to study the growth and initial genetic parameters of progenies of *E. pilularis* obtained from different populations implanted in Brazil in the 70's and 80's. The test was implanted in March 2017 in Itatinga-SP. We used 115 open-pollinated progenies. After 7 months of implantation, height and plant survival were measured. In order to evaluate the significance of progeny and plot effects, deviance analysis and likelihood ratio test were performed at 5% significance with 1 degree of freedom. Genetic parameters were estimated by the method of Maximum Restricted Likelihood / Best Linear Unbiased Prediction (REML / BLUP). The mean height of the test was 1.47 m and survival was 98%. There was a significant difference between progenies and between plots for height of the plants. Individual heritability in the restricted sense (H^2_a) was 0.38 and the heritability of the average progenies (H^2_m) was 0.76. Selective accuracy of progenies (A_c) presented a value of 0.87. Genotypic coefficient of variation (CV_g) was 8.13. Coefficient of determination of plots (C^2_{parc}) was 0.12 and coefficient of variation (CV_e) was 16.77. *E. pilularis* progenies showed good initial growth. The values of H^2_a , H^2_m , A_c and CV_g were high showing the good potential for the continuity of the breeding program.

Keywords: plant height; plant survival; heritability; genetical enhancement.

3.1 Introdução

A alta produtividade das florestas de eucalipto no Brasil, em boa parte se deve aos investimentos realizados em pesquisa, principalmente na obtenção de genótipos adaptados às condições climáticas do país (ASSIS; RESENDE, 2011; GONÇALVES et al., 2013). Porém, é necessário o contínuo investimento em pesquisa, principalmente no melhoramento genético, buscando o desenvolvimento de novos genótipos resistentes à pragas e doenças e a melhoria da qualidade da matéria-prima para os diversos mercados (ABRAF, 2012; GONÇALVES et al., 2013).

A importância do mercado de madeira serrada está no abastecimento, principalmente, do consumo interno. Entretanto, este segmento tem baixo investimento em pesquisa, resultando em poucos genótipos selecionados para uso comercial (FONSECA et al., 2010; CASTELLANO et al., 2013). Diferente do setor dos painéis de madeira reconstituída, cuja exportações se tornaram mais importantes ao longo dos últimos anos, justamente pelo investimento realizado no setor para obtenção de produtos de qualidade. Além disso, o país é o segundo maior produtor de celulose e tem expressiva produção de carvão vegetal para a siderurgia (IBÁ, 2017), setores que tem genótipos desenvolvidos especificamente para essas finalidades.

O *Eucalyptus pilularis* Smith é uma espécie potencial para produção de madeira serrada, setor com carência de genótipos melhorados. Na Austrália a madeira de *E. pilularis* é de alto valor para serraria (GOLFARI; CASER; MOURA, 1978; PÁSZTOR, 1972). Mas alguns estudos mostraram que a madeira desta espécie pode também servir para produção de celulose e para carvão vegetal (BRITO et al., 1983; MACHADO et al., 1988).

Essa espécie se destaca pelo crescimento no Brasil, principalmente nos Estados de São Paulo e Minas Gerais (PÁSZTOR, 1972; MORA, 1981; PEREIRA et al., 2000; CASTELLANO et al., 2013). Estudos conduzidos com a espécie, discutem que os materiais presentes no Brasil possuem alta variabilidade genética, sendo possível a retomada dos programas de melhoramento com o *E. pilularis* já pré-adaptado a algumas regiões brasileiras (SOUZA, SILVA E PINTO JUNIOR, 1993; SILVA et al., 2015).

O objetivo deste trabalho foi conhecer o crescimento inicial e parâmetros genéticos de progênies de *E. pilularis*.

3.2 Material e métodos

As mudas foram produzidas no viveiro do IPEF (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais) em Piracicaba – SP e encaminhadas ao viveiro da EECF-Esalq de Itatinga – SP (Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga), aonde permaneceram cerca de 4 meses até serem plantadas.

O teste de progênies/procedências de *E. pilularis* foi implantado em março de 2017 na EECF-Esalq de Itatinga – SP, localizada no município de Itatinga - SP (latitude 23° 02'; longitude 48° 37'; e altitude de 830 m). O clima de Itatinga, segundo classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico úmido (Cwa) com precipitação média mensal de 1350 mm. A temperatura média anual é de 19,4°C e a umidade relativa de 83,3%, podendo ocorrer geadas leves nos meses de inverno.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições, com parcelas lineares de cinco plantas, no total foram implantadas 115 progênies (Quadro 1).

Quadro 1 - Dados referentes às populações onde foram coletadas as sementes que formaram as mudas de progênies de *E. pilularis*

População	Instituição	Tipo	Procedência	Ano de plantio	Origem	Progênies coletadas
7B 082	USP	Pop. Base	Anhembi, SP	1982	Multi-procedência	12
7C 103	USP	Pop. Base	Anhembi, SP	1985	Multi-procedência	6
7D 145	USP	Pop. Base 45 prog.	Anhembi, SP	1989	Fraser Island	15
176	Aperam	APS	Itamarandiba, MG	1984	Beerburum	15
498	Aperam	Pop. Base	Itamarandiba, MG	1985	Conglomerate, Woolgoolga, Gallangowan, Whian Whian	22
167	Aperam	Pop. Base	Itamarandiba, MG	1984	Multi-procedência	17
G5AK	Suzano	Comercial	Biritiba Mirim, SP	1976	Kiwarra NSW	15
G5AC	Suzano	Comercial	Biritiba Mirim, SP	1976	Coopernook, NSW	13

Para a implantação do teste (Figura 1) foi utilizado o espaçamento 3,0 x 2,0 m e os seguintes tratamentos silviculturais: preparo de solo (subsolação 45 cm); controle de formigas com isca granulada; controle químico de plantas daninhas no pós e pré-plantio; fertilização de base e cobertura (de acordo com a necessidade exposta pela análise de solo); irrigação de mudas na implantação com a aplicação de 2 litros de água por muda.

Figura 1 – Procedimentos realizados na implantação de *E. pilularis* em Itatinga-SP



Nota: A - mudas nas bandejas em frente as linhas de plantio; B - distribuição das mudas nas linhas de plantio; C - plantio com catraca; D - irrigação das mudas no campo.

Foi mensurada a altura e sobrevivência de plantas aos 7 meses após o plantio. Posteriormente, esses dados foram submetidos à análise *deviance*, para verificar a existência de diferença entre progênies à 5% de significância. O software Selegen (RESENDE, 2007) forneceu os valores de *deviance* quando se executam os modelos com e sem os efeitos a serem testados. Fez-se a diferença dos valores de *deviance* para o modelo com e sem o efeito a ser testado, obtendo a razão de verossimilhança. Usando o teste de qui-quadrado com 1 grau de liberdade, testou-se a diferença dessa significância via LRT (Teste da Razão de Verossimilhança).

Os parâmetros genéticos foram estimados com o método Máxima Verossimilhança Restrita/Melhor Predição Linear Não Viciada (REML/BLUP), utilizando o programa Selegen conforme descrito por Resende (2016). As variáveis quantitativas foram analisadas pela metodologia do modelo linear misto, aplicado aos testes de progênies de polinização aberta (RESENDE, 2007). Foi utilizado o modelo estatístico 110 do selegen:

$$y = Xr + Za + Wp + e \quad (1)$$

Onde o y , r , a e e são vetores, sendo o y dos dados, r é o dos efeitos das repetições (assumidos como fixo) somados à média geral, a dos efeitos genotípicos aditivos (assumidos como aleatórios), p dos efeitos de parcelas e e de erros ou resíduos (assumidos como aleatórios). X , Z , W são as matrizes de incidência para os tais efeitos.

O modelo exige o valor da taxa de autofecundação da população (s). Esse valor foi obtido com base nos valores do coeficiente de endogamia (F) e coeficiente de coancestria (Θ) fornecidos por Silva et al. (2015) que obtiveram esses valores por meio de marcadores moleculares.

Os parâmetros obtidos foram: herdabilidade individual no sentido restrito (H^2a); herdabilidade da média de progênies (H^2m); coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas (C^2_{parc}); acurácia de seleção de progênies (Ac); coeficiente de variação genotípica (CVg); coeficiente de variação experimental (CVe).

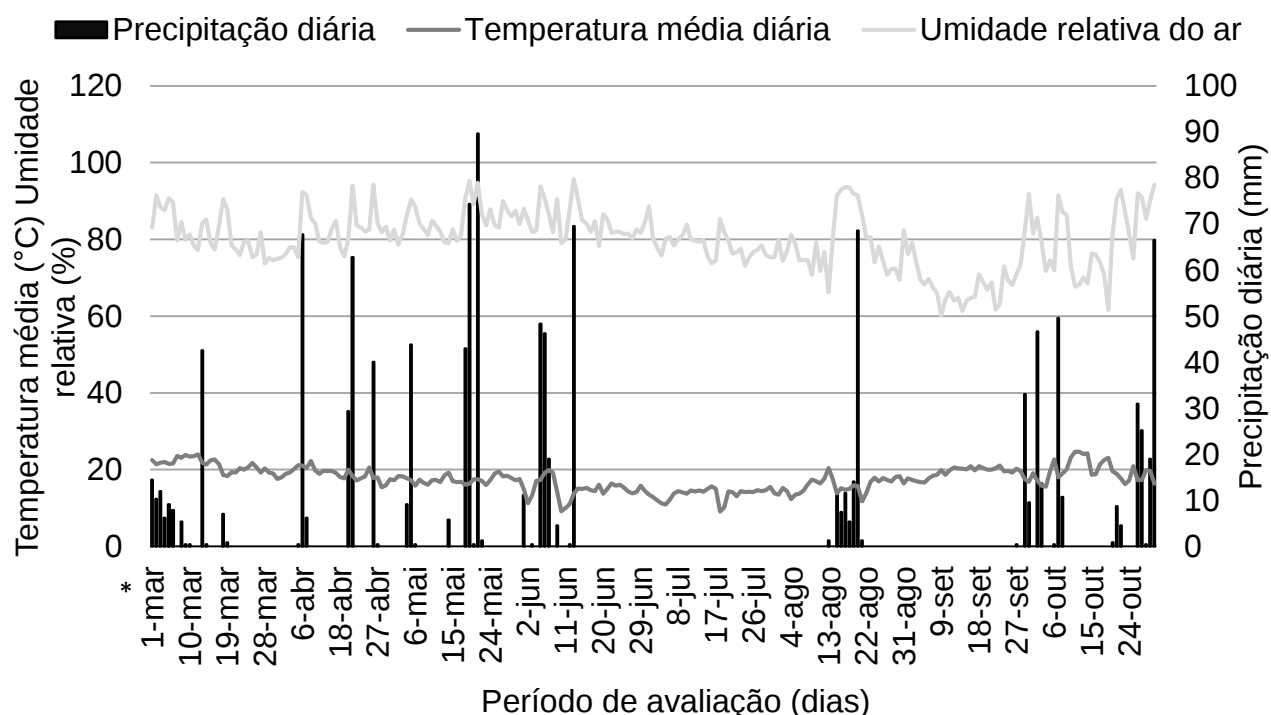
Também foram obtidos os dados de clima, sendo coletados os dados diários de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar pela estação meteorológica da EECF-Esalq – Itatinga.

3.3 Resultados e discussão

A média de altura de plantas foi 1,47 m, o desvio padrão fenotípico da altura foi 0,30 m e a sobrevivência foi de 98% aos 7 meses após o plantio. O crescimento inicial foi superior até mesmo o de híbridos e espécies mais difundidos no país como *E. urophylla* x *E. grandis* aos 7 meses e pouco inferior à progênies *E. tereticornis* aos 9 meses que apresentaram, respectivamente, 120 cm e 166 cm (LUO et al., 2013; JUNG et al., 2017).

O teste teve alta sobrevivência, por isso não apresentou diferença entre progênies e entre parcelas, com baixa herdabilidade e baixo efeito ambiental. Cabe ressaltar que durante a fase inicial de crescimento a precipitação foi inferior à média histórica (Figura 1), mas não casou mortalidade. Esse resultado mostra a boa adaptação do material genético ao sítio, pois a sobrevivência é um dos importantes indicadores de adaptação (ELDRIDGE et al., 1993).

Figura 3 - Dados climáticos coletados durante o período de avaliação do teste de progênes de *E. pilularis* em Itatinga - SP



Nota: (*) as datas são referentes ao ano de 2017.

De acordo com a análise de *deviance* e LRT (Teste de Razão de Verossimilhança) (Tabela 3), houve diferença significativa entre progênes e entre parcelas para o caráter altura de plantas.

Tabela 2 - Análise de *deviance* e Teste de Razão de Verossimilhança (LRT) dos efeitos de progênes e parcelas nos caracteres altura e sobrevivência de plantas em Itatinga - SP

Efeito	Altura de plantas		Sobrevivência de plantas	
	<i>deviance</i>	LRT	<i>deviance</i>	LRT
Progênie	-959,65	13,96*	-7293,9	0,50
Parcela	-960,52	13,09*	-7293,62	0,78
Modelo Completo	-973,61		-7294,40	

Nota: (*) significativo à 5% para 1 grau de liberdade (Qui-quadrado tabelado = 3,89).

As 29 melhores progênes (primeiro quartil) apresentaram altura média entre 1,73 e 1,57 m (Quadro 1). As 29 piores progênes apresentaram altura média variando de 1,39 a 1,09 m. O maior desvio padrão foi da progênie 71 com $\pm 0,56$ m. Os valores de desvio padrão fenotípico dentro das progênes não foram altos. Esse resultado é

esperado numa população com estrutura de progênes, em que os genótipos já passaram por uma seleção.

Quadro 1 - Altura média (Alt) e desvio padrão (DP) da altura de progênes de *E. pilularis* em Itatinga - SP

Progênie	Alt(m)	DP(m)	Progênie	Alt(m)	DP(m)	Progênie	Alt(m)	DP(m)
91	1,73	± 0,20	86	1,55	± 0,29	10	1,42	± 0,30
30	1,73	± 0,19	38	1,55	± 0,21	96	1,41	± 0,23
88	1,71	± 0,16	34	1,55	± 0,27	66	1,41	± 0,33
90	1,71	± 0,24	69	1,54	± 0,19	6	1,41	± 0,20
81	1,69	± 0,29	5	1,54	± 0,28	78	1,40	± 0,34
80	1,69	± 0,14	99	1,54	± 0,17	53	1,40	± 0,23
73	1,67	± 0,15	67	1,54	± 0,17	12	1,40	± 0,28
110	1,66	± 0,29	103	1,53	± 0,16	43	1,40	± 0,27
28	1,66	± 0,26	27	1,53	± 0,30	102	1,39	± 0,27
106	1,65	± 0,27	83	1,52	± 0,33	50	1,39	± 0,32
29	1,63	± 0,30	104	1,52	± 0,20	9	1,37	± 0,25
92	1,63	± 0,24	11	1,51	± 0,30	22	1,37	± 0,28
87	1,63	± 0,34	97	1,51	± 0,23	25	1,37	± 0,19
101	1,62	± 0,26	33	1,51	± 0,26	1	1,37	± 0,19
37	1,61	± 0,26	72	1,51	± 0,23	46	1,37	± 0,31
82	1,61	± 0,16	114	1,51	± 0,27	51	1,35	± 0,22
60	1,60	± 0,30	76	1,50	± 0,23	52	1,35	± 0,22
19	1,59	± 0,27	32	1,50	± 0,23	56	1,34	± 0,34
13	1,59	± 0,17	94	1,49	± 0,28	62	1,32	± 0,37
105	1,59	± 0,16	39	1,49	± 0,31	59	1,31	± 0,33
107	1,58	± 0,29	95	1,49	± 0,30	85	1,30	± 0,19
64	1,58	± 0,24	24	1,49	± 0,13	35	1,29	± 0,40
89	1,58	± 0,26	108	1,49	± 0,15	26	1,27	± 0,38
47	1,58	± 0,14	63	1,49	± 0,31	8	1,27	± 0,20
84	1,58	± 0,16	3	1,48	± 0,24	42	1,26	± 0,26
15	1,58	± 0,19	113	1,48	± 0,25	61	1,25	± 0,32
36	1,57	± 0,32	40	1,48	± 0,20	4	1,25	± 0,24
31	1,57	± 0,22	71	1,47	± 0,56	57	1,25	± 0,17
65	1,57	± 0,33	112	1,47	± 0,21	68	1,24	± 0,26
77	1,56	± 0,21	75	1,45	± 0,27	55	1,24	± 0,17
93	1,56	± 0,22	115	1,44	± 0,22	74	1,21	± 0,24
109	1,56	± 0,17	111	1,44	± 0,34	17	1,20	± 0,39
2	1,56	± 0,15	21	1,43	± 0,23	49	1,20	± 0,22
18	1,56	± 0,21	23	1,43	± 0,26	44	1,20	± 0,44
79	1,56	± 0,16	58	1,43	± 0,40	16	1,18	± 0,36
20	1,56	± 0,26	100	1,43	± 0,31	45	1,15	± 0,33
48	1,55	± 0,18	41	1,43	± 0,22	54	1,14	± 0,18
70	1,55	± 0,21	98	1,43	± 0,24	7	1,09	± 0,29
14	1,55	± 0,20						

A H^2a (herdabilidade individual no sentido restrito) do caráter altura de plantas considerado alto (0,38) assim como a H^2m (0,76) (Tabela 3). Assim, a Ac (acurácia de seleção de progênes), que é a raiz quadrada da herdabilidade da média de genótipos foi alta (VENCOVSCKY; BARRIGA, 1992; RESENDE; DUARTE, 2007). Os valores de herdabilidade estão próximos aos observados por Rocha et al. (2016) que apresentaram 0,35 de H^2a e 0,80 de H^2m em progênes de *E. urophylla* aos 6 meses. A H^2m está próxima aos obtidos por Souza, Silva e Pinto Junior (1993), de 0,62 a 0,82 em *E. pilularis* aos 60 meses em 3 locais.

Tabela 3 - Parâmetros genéticos de altura e sobrevivência de plantas de progênes de *E. pilularis* aos 7 meses após o plantio em Itatinga - SP

Parâmetros genéticos	Altura	Sobrevivência
H^2a *	0,38+-0,05	0,01+-0,008
H^2m	0,76	0,10
C^2_{parc}	0,12	0,02
Ac	0,87	0,32
CVg (%)	8,13	0,96
CVe (%)	16,77	13,79
Média geral	1,47	0,98

Nota: (*) H^2a – herdabilidade individual no sentido restrito; H^2m – herdabilidade da média de progênes; C^2_{parc} - coeficiente de determinação do efeito de parcelas; Ac – acurácia de seleção de progênes; CVg – coeficiente de variação genotípica; CVe – coeficiente de variação experimental

Os valores de herdabilidade mostram que o caráter altura teve forte controle genético com possibilidade de seleção entre e dentro de progênes, ainda o valor de Ac demonstra a boa qualidade da avaliação genotípica.

A herdabilidade representa a quantidade no fenótipo que é controlada pela expressão genética, além de ser um dos parâmetros mais importantes que influenciam na efetividade da seleção. A acurácia expressa a qualidade da avaliação genotípica (PIRES et al., 2011; BERTONCINI et al., 2017).

Valores de CVg (coeficiente de variação genotípica) maiores que 7% são considerados altos, dessa forma o caráter altura de plantas mostrou um valor alto de CVg (8,13%). Isso destaca a boa variabilidade genotípica da população (SEBBENN, 1998).

O efeito de parcelas foi significativo na estimação dos parâmetros genéticos para altura de plantas. Além disso, o C^2_{parc} (coeficiente de determinação do efeito de parcela) foi de 0,12, sendo que valores acima de 0,10 influenciam na estimativa dos

parâmetros genéticos (RESENDE, 2002). Esse resultado demonstra que ocorreu heterogeneidade de parcelas dentro dos blocos.

Segundo Garcia (1989), o C_{Ve} (coeficiente de variação experimental) foi considerado alto (16,77%) para o caráter altura de plantas. Esse valor foi superior à Rocha et al. (2016) e à Moraes et al. (2015), sendo que os primeiros apresentaram 15,07% de C_{Ve} aos 6 meses em progênies de *E. urophylla* e os últimos apresentaram 16% aos 12 meses em progênies de *E. dunnii*.

3.4 Considerações finais

As progênies de *E. pilularis* apresentaram bom crescimento inicial. *E. pilularis* apresentou forte controle genético para o caráter altura de plantas. Os valores de H²_a (herdabilidade individual no sentido restrito), H²_m (herdabilidade da média de progênies), Ac (acurácia de seleção de progênies) e CV_g (coeficiente de variação genotípica) foram altos mostrando o bom potencial para a continuidade do programa de melhoramento genético.

REFERÊNCIAS

- ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (Brasília). **ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília: Abraf, 2012. 150 p. Disponível em: <<http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-ABRAF12-BR.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2017.
- ASSIS, T. F.; RESENDE, M. D. V. Genetic improvement of forest tree species. **Crop Breeding And Applied Biotechnology**, Viçosa, Mg, v. 11, n. , p.44-49, jun. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1984-70332011000500007>
- BERTONCINI, G. H. et al. Rust resistance and mating system in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden progenies. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 114, p.405-413, 1 jul. 2017. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF). <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n114.16>
- BRITO, J. O. et al. Análise da produção energética e de carvão vegetal de espécies de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, n.23, p.53-56, 19
- CASTELLANO, G. R. et al. Crescimento de eucaliptos quase centenários no Horto de Rio Claro. **Circular Técnica Ipef**, Piracicaba, v. 1, n. 205, p.1-12, jul. 2013. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr205.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2017.
- ELDRIDGE, K. et al. **Eucalypt domestication and breeding**. New York: Oxford Science Publication, 1993. 288 p.
- FONSECA, S. M. et al. **Manual Prático de Melhoramento Genético de Eucalipto**. Viçosa, Mg: Editora Ufv, 2010. 200 p.
- GARCIA, C. H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação: Circular Técnica No 171. **IPEF**, Piracicaba, v. 1, n. 171, p.1-10, nov. 1989. ISSN 0100-3453. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr171.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2017.
- GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil (2ª aproximação)**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978. 66 p. (PRODEPEF. Série Técnica, 11).
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology And Management**, [s.l.], v. 301, p.6-27, ago. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.030>
- IBÁ (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES). **Relatório Anual 2017**. Brasília: Studio 113, 2017. 100 p. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2017.
- JUNG, L. H. et al. Irrigação no desenvolvimento inicial de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p.655-667, abr. 2017.

LUO, J. et al. Genetic variation in *Eucalyptus camaldulensis* and *E. tereticornis* for early growth and susceptibility to the gall wasp *Leptocybe invasa* in China. **Euphytica**, [s.l.], v. 196, n. 3, p.397-411, 12 dez. 2013. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-013-1042-8>

MACHADO, F. J. J. et al. Caracterização da madeira de *Eucalyptus pilularis* e estudos para produção de celulose kraft. **Revista Árvore**, Viçosa, v.12, n.2, p.111-122, 1988.

MORA, A. L. et al. RESULTADOS DE ENSAIOS E INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES DE *Eucalyptus* NA REGIÃO CENTRO-SUL. **Boletim Informativo do Ipef**, Piracicaba, v. 3, n. 28, p.29-35, jun. 1981. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/boletim_informativo/bolinf28.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2017.

MORAES, C. B. de et al. Variabilidade genética em progênies de meios-irmãos de eucaliptos para tolerância ao frio. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 39, n. 6, p.1047-1054, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000600007>

PÁSZTOR, Y. P. C. **Testes de procedências de *Eucalyptus pilularis* S.M. na região de Mogi Guaçu**. Tese de Doutorado, ESALQ (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”), 1972.

PEREIRA, J. C. D. et al. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).

PIRES, I. E. et al. **Genética Florestal**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. 318p

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 975 p.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e Estatística na Análise de Experimentos e no Melhoramento Genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 362 p.

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

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. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a49>

ROCHA, G. C., et al. Estimación de parámetros genéticos cuantitativos en familias de polinización abierta de *Eucalyptus urophylla*. **Revista do Instituto Florestal**, v. 28 n. 2 p. 93-101 dez. 2016.

SEBBENN, A. M. et al. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva - *Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 53, p.31-38, jun. 1998.

SILVA, P. H. M. et al. Use of genetic markers to build a new generation of *Eucalyptus pilularis* breeding population. **Silvae Genetica**, [s.l.], v. 64, n. 1-6, p.170-181, jan. 2015. <http://dx.doi.org/10.1515/sg-2015-0016>

SOUZA, S. M.; SILVA, H. D.; PINTO JÚNIOR, J. E. Variabilidade genética e interação genótipo x ambiente em *Eucalyptus pilularis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 1, n. 26, p.3-16, dez. 1993.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

CAPÍTULO 4

PARÂMETROS GENÉTICOS DA RESISTÊNCIA DE *Eucalyptus pilularis* À FERRUGEM EM CONDIÇÕES CONTROLADAS E EM CAMPO

Resumo - Este estudo investigou o nível de resistência e parâmetros genéticos da resistência à ferrugem (*Austropuccinia psidii*) em progênies de *E. pilularis* comparando a resistência e os parâmetros genéticos em condições controladas e no campo. Em ambas às condições, utilizaram-se 20 progênies e ambientes favoráveis à ferrugem. As mudas de *E. pilularis* em condições controladas apresentaram 96% de resistência à *A. psidii*. Em condições de campo, 99% das mudas foram resistentes. As progênies de *E. pilularis* foram resistentes à ferrugem. A herdabilidade em condições controladas apresentou valores maiores que em campo. O teste em condições controladas foi mais eficiente que o de campo.

Termos para indexação: teste de progenies; ferrugem do eucalipto; herdabilidade

GENETIC PARAMETERS OF RESISTANCE *Eucalyptus pilularis* TO RUST UNDER CONTROLLED CONDITIONS AND IN THE FIELD

Abstract - This study investigated the resistance level and genetic parameters of resistance to rust (*Austropuccinia psidii*) in progenies of *E. pilularis* comparing resistance traits and genetic parameters under controlled conditions and in the field. Under both conditions, 20 progenies and favorable environments to rust were used. *E. pilularis* seedlings under controlled conditions presented 96% of resistance to *A. psidii* infection. Under field conditions 99% of seedlings was resistant. *E. pilularis* progenies were rust resistance. Heritability under controlled conditions presented higher values than in the field. The trial under controlled conditions was more efficient than in the field.

Index terms: progeny trial; eucalyptus rust; heritability

Eucalyptus pilularis Smith possui potencial para produção de madeira serrada e disponibilidade de genótipos com alta variabilidade genética, o que possibilita a retomada de programas de melhoramento iniciados no passado no Brasil (Silva et al. 2015). Entretanto, existem poucos trabalhos que avaliam a resistência ou suscetibilidade de *E. pilularis* à *Austropuccinia psidii* Winter, que é uma das principais doenças da eucaliptocultura. Na literatura brasileira, *E. pilularis* é considerado como resistente à ferrugem (Alfenas et al. 2009), porém a primeira ocorrência de ferrugem na Austrália foi observada em plantações de *E. pilularis* (Carnegie 2015). São necessários mais estudos com essa doença, que pode ocorrer desde a fase de mudas até 1,5 ano após o plantio, causando problemas de forma do fuste (inviabilizando o uso para serraria) e pode causar perdas de até 41% de produtividade em regiões com condições ambientais favoráveis à doença (Takahshi 2002; Alvares et al., 2016). A utilização de genótipos resistentes é o melhor método para composição das plantações comerciais (Camargo 2011).

O objetivo deste trabalho foi estudar: o nível de resistência à ferrugem de *E. pilularis*; os parâmetros genéticos do caráter resistência à ferrugem; comparar os resultados de resistência e parâmetros genéticos em condições controladas e de campo.

Foram realizados dois experimentos com 20 progênes de meios irmãos obtidas em populações multi-procedências no Brasil. As mudas foram produzidas seguindo o protocolo de produção comercial. As sementes foram semeadas diretamente em tubetes de 55 cm³, o substrato foi composto por partes iguais de casca de arroz, fibra de coco e vermiculita. A adubação foi realizada semanalmente com uma solução de 450 g de nitrato de cálcio; 300 g de nitrato de amônio; 250 g de fosfato mono amônio (MAP); 300 g de nitrato de potássio; 250 g de sulfato de magnésio; 250 g de sulfato de amônio; 2,5 g de ferro; 0,85 g de sulfato de

manganês; 0,75 g de ácido bórico; 0,325 g de sulfato de zinco; 0,1 g de sulfato de cobre; e 0,005 g de molibdato de sódio em 1000 l de água.

Experimento em condições controladas: Foram inoculadas 20 mudas por progênes aos 150 dias após a semeadura, nas quais foram avaliadas por duas semanas após a inoculação. O inoculo (urediniósporos) foi obtido em folhas de plantas de *Syzygium jambos*. Os urediniósporos foram coletados com auxílio de um pincel e após a coleta foram colocadas em água destilada contendo 0,05 % de Tween 80. Após a preparação dessa mistura, foi medida a concentração de urediniósporos que apresentou $4,8 \times 10^4$ esporos mL^{-1} . Posteriormente, para realizar a inoculação, foi feita a pulverização das folhas. Após a inoculação, as plantas foram mantidas em condições controladas: temperatura de $21^\circ \text{C} \pm 1^\circ \text{C}$; 80 % de umidade do ar; nebulização a cada 30 min; e fotoperíodo de 12 h.

Foi utilizado o delineamento de parcelas lineares de cinco plantas com a distribuição das progênes aleatórias dentro de cada um dos quatro blocos. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Patologia Florestal no município de Botucatu – SP.

A avaliação da ferrugem foi em escala de notas de severidade conforme Pieri (2012): Nota 1- ausência total de sintomas ou reação de hipersensibilidade (planta imune); Nota 2 - reação de hipersensibilidade e/ou bronzeamento nas folhas (planta altamente resistente); Nota 3 - lesão sem apresentar pústulas (plantas resistentes); Nota 4 - lesão com presença de pústulas pouco esporulantes (plantas suscetíveis); Nota 5 - lesão com pústulas muito esporulantes (plantas altamente suscetíveis).

Experimento em campo: Foi implantado em março de 2017 no município de Itatinga – SP. O clima de Itatinga, segundo classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico úmido (Cwa) com precipitação média anual de 1350 mm. A temperatura média anual é de $19,4^\circ \text{C}$ e a umidade relativa de 83,3%. Itatinga é um município que possui condições climáticas para ocorrência de ferrugem (Silva et al. 2013).

Foi utilizado o espaçamento 3,0 x 2,0 m, subsolagem para o preparo de solo (45 cm de profundidade), uso de iscas no controle de formigas, controle químico de plantas daninhas no pré e pós-plantio, adubação de plantio e cobertura (de acordo com a necessidade exposta pela análise de solo) e irrigação de mudas na implantação.

O delineamento utilizado foi de blocos completos casualizados com parcelas lineares de cinco plantas em cinco blocos, totalizando 25 mudas por progênes.

A resistência à ferrugem no campo foi avaliada em junho, julho, agosto, setembro e outubro de 2017. Para avaliação foi utilizada a escala de Zamprogno et al. (2008): Nota 0 - ausência de esporulação; Nota 1 - presença de pústulas puntiformes isoladas; Nota 2 - maior presença de esporulações nos limbos e folhas jovens; e Nota 3 - intensa esporulação em ambas as faces foliares, podendo ocorrer em caules jovens e pecíolos.

Foram obtidos dados de umidade relativa do ar e temperatura na estação climatológica automática presente em Itatinga. Os dados eram obtidos a cada 30 minutos, com base nesses dados foram obtidos a temperatura máxima diária (T) e o tempo de $UR\% \geq 90$ (H). Dados utilizados para gerar o índice diário de infecção de ferrugem gerado por Ruiz et al. (1989), para os meses avaliados.

$$II = -32,2626 + 3,6999T + 0,4613H - 0,0018TH - 0,0903T^2 - 0,0068H^2$$

As notas de ferrugem foram transformadas por $\sqrt{x + 0,5}$ (Pinto et al. 2014; Bertoncini et al. 2017) e avaliadas pelo software Selegen (Resende 2016). No Selegen foi realizada a análise de *deviance* e utilizando modelo $y = Xr + Za + Wp + e$, em que y é o vetor dos dados; r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral; a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios); p é o vetor dos efeitos de parcela (aleatórios); e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios); as letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. Foram obtidos: a herdabilidade individual no sentido restrito (H^2a); herdabilidade da média de progênes (H^2m); acurácia de

seleção (Ac); coeficiente de variação genotípica (CVg); coeficiente de variação residual (CVe); coeficiente de variação relativa (CVr).

A maioria das mudas avaliadas na inoculação em condições controladas (96,25%) apresentaram resistência a ferrugem (Tabela 1).

Tabela 1 - Quantidade de mudas de acordo com a escala de notas de ferrugem em condições controladas

Classificação	Nota	Percentual de mudas
Imune	1	85,5
Altamente resistente	2	9,25
Resistente	3	1,50
Suscetível	4	1,25
Altamente suscetível	5	0,75
-----	Não avaliadas	1,75

*1 - ausência total de sintomas ou reação de hipersensibilidade (imune); 2 - reação de hipersensibilidade e/ou bronzeamento nas folhas (altamente resistente); 3 - Lesão sem apresentar pústulas (resistente); 4 - Lesão com presença de pústulas pouco esporulantes (susceptível); 5 - Lesão com pústulas muito esporulantes (altamente suscetível). “Não avaliadas” - mudas que morreram.

A análise de *deviance* mostrou que existe diferença significativa à 5% entre progênies. Dentro das progênies também foi verificado variação de notas. Esse tipo de variação dentro de progênies é esperado, pois as mudas são de origem seminal de meios irmãos, com variação decorrente das árvores doadoras de pólen.

Nas condições de campo, os valores do índice de infecção para os meses avaliados variou de 7,5 a 8,9, sendo favorável à ocorrência de ferrugem durante todo o experimento (valores maiores que seis de acordo com Takahashi 2002). A região de Itatinga possui condições ambientais favoráveis à ocorrência de ferrugem (Silva et al. 2013). Além disso, o experimento está envolto por diversas populações de eucalipto permitindo o fornecimento de inóculo. Contudo, houve baixa severidade e incidência de ferrugem, pois apenas três plantas em todo o teste de campo apresentaram ferrugem. Essas mudas pertencem a três progênies, sendo que duas apresentaram nota 1 (baixa de acordo com Zamprogno et al. 2008); outra com nota 2. Todas as demais, ou seja, 99% das mudas apresentaram resistência a ferrugem.

A quantidade de horas com umidade relativa do ar $\geq 90\%$ e temperatura, são os principais fatores para ocorrência da doença, aonde existe disponibilidade e viabilidade do inóculo (Ruiz et al. 1989). O *E. pilularis* foi resistente a ferrugem em ambos os experimentos, pois mesmo em condições favoráveis a ocorrência da doença, a incidência de ferrugem foi baixa

Os resultados evidenciam que a *A. psidii* foi um patógeno de baixa agressividade ao *E. pilularis*. No entanto, Zauza et al. (2010) que avaliaram lotes de sementes de *E. pilularis*, encontraram 62,5% a 73,7% de plantas resistentes à *A. psidii*. O que pode ser atribuído ao rápido desenvolvimento da doença que pode contribuir para a quebra de resistência. Pois a diversidade genética de *A. psidii* no Brasil é grande sugerindo a possibilidade de ocorrer recombinações e formação de raças que superem a resistência à ferrugem (Graça et al. 2011; Samils et al. 2011). Em nosso estudo em condições controladas, foi utilizado inóculo obtidos em árvores de *Syzygium jambos* que estavam cercadas por outras *Myrtacea* suscetíveis à ferrugem, ou seja, expostas à epidemia aberta. Dessa forma, os esporos coletados são das raças mais frequentes na região. Cabe ressaltar que *S. jambos* possui a capacidade em reunir populações diferentes de *A. psidii* de uma única vez (Pieri 2012).

A H^2_a e H^2_m em condições controladas apresentaram valores altos, ao contrário da condição de campo, em que foram baixos (Tabela 2). Esses valores são similares às progênes de *E. dunnii*, que apresentaram 0,48 de herdabilidade individual e 0,84 de herdabilidade de média de progênes em condições controladas (Pinto et al. 2014).

Tabela 2 - Parâmetros genéticos de notas severidade de ferrugem (*A. psidii*) em progênes de *E. pilularis* em condições controladas e no campo (Itatinga-SP)

Parâmetros genéticos	Condições controladas	Campo
H ² a	0,41+-0,14	0,001+-0,008
H ² m	0,81	0,02
Ac	0,90	0,13
CVg (%)	6,12	0,20
CVe (%)	11,94	7,62
CVr	0,51	0,03

H²a – herdabilidade individual no sentido restrito; H² m – herdabilidade da média de progênes; Ac – acurácia de seleção de genótipos; CVg (%) coeficiente de variação genotípica; CVe (%) - coeficiente de variação residual; CVr – relação entre CVg e CVe.

No geral, ambas as herdabilidades para nota de resistência à ferrugem foram maiores no teste em condições controladas. Valores maiores de herdabilidade em condições controladas também foram encontrados por Pinto et al. (2014) testando a resistência de *E. dunni* à *A. psidii*.

Destaca-se que em condições controladas as condições ambientais são ótimas para ocorrência da doença. A herdabilidade é influenciada pelo ambiente, sendo menor a herdabilidade quanto menor for a intensidade da ferrugem (Silva et al. 2013). Esses autores avaliando a ferrugem em *E. grandis* no campo em locais Cwa (classificação de Koppen), encontraram H²m variando de 0,72 a 0,81, valores bem superiores a H²m observada com o *E. pilularis* em campo, porém similar à de condições controladas. Cabe ressaltar que a maior variação entre os estudos é decorrente da espécie, uma vez que *E. grandis* é susceptível a doença e o *E. pilularis* mostrou resistência.

O CVg foi considerado baixo para o teste em condições controladas e muito baixo em condições de campo. Esses valores foram inferiores à progênes de *E. dunni*, *E. pellita* em condições controladas e em *E. grandis* em condições de campo (11,7 a 36,7 %) (Pinto et al. 2014; Santos et al. 2014; Bertoncini et al. 2017). O CVe foi considerado baixo para ambos os testes e foram bastante inferiores aos encontrados na literatura em progênes de *E. dunni* (Pinto et al. 2014).

O CVr foi maior em condições controladas. O CVr sugere o controle genético do caráter, sendo que quanto mais próximo de 1 a seleção torna-se favorável. Portanto, no teste em condições controladas todos os parâmetros genéticos foram superiores devido a maior intensidade da doença. Mesmo assim o *E. pilularis* em condições ambientais controladas apresentou mais de 96% de mudas resistentes à *A. psidii*.

Referências

ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. Viçosa, MG: Editora Ufv, 2009. 500 p.

BERTONCINI, G. H. et al. Rust resistance and mating system in *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden progenies. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 114, p.405-413, 1 jul. 2017. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF). <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n114.16>

CAMARGO, L. E. A. Controle Genético. In: AMORIM, L. et al. (Ed.). **Manual de Fitopatologia**. 4. ed., v. 1., São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 2011. p. 325-340.

CARNEGIE, A. J. First report of *Puccinia psidii* (myrtle rust) in *Eucalyptus* plantations in Australia. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 99, n.1, p. 161-161, 2015.

GRAÇA, R. N. et al. Multilocus genotypes indicate differentiation among *Puccinia psidii* populations from South America and Hawaii. In: ANNUAL WESTERN INTERNATIONAL FOREST DISEASE WORK CONFERENCE, 58., 2010, Valemount. **Proceedings...** Valemount: WIFDWC, 2011. p. 131-134. https://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2011_graca_r001.pdf. Accessed 19 December 2017.

PIERI, C. de. **Caracterização de Puccinia psidii, identificação de Mirtáceas diferenciadores de raças fisiológicas e estudos anatômicos do limbo foliar relacionados à resistência**. 2012. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciência Florestal, Unesp, Botucatu.

PINTO, C. S. et al. Genetic variability in progenies of *Eucalyptus dunnii* Maiden for resistance to *Puccinia psidii*. **Crop Breeding And Applied Biotechnology**, [s.l.], v. 14, n. 3, p.187-193, out. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332014v14n3a28>

RESENDE, M. D. V. de. 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. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a49>

RUIZ, R. A. R. Influência da temperatura, do tempo de molhamento foliar, fotoperíodo e da intensidade de luz sobre a infecção de *Puccinia psidii*, em *Eucalyptus cloeziana*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 14, n. 1, p. 55-61, 1989.

SAMILS, B. et al. QTL mapping of resistance to leaf rust in *Salix*. **Tree Genetics & Genomes**, [s.l.], v. 7, n. 6, p.1219-1235, 6 jul. 2011. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s11295-011-0408-0>

SILVA, P. H. M. da. et al. Selecting for rust (*Puccinia psidii*) resistance in *Eucalyptus grandis* in São Paulo State, Brazil. **Forest Ecology And Management**, [s.l.], v. 303, p.91-97, set. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.04.002>

SILVA, P. H. M. da. et al. Use of genetic markers to build a new generation of *Eucalyptus pilularis* breeding population. **Silvae Genetica**, [s.l.], v. 64, n. 1-6, p.170-181, jan. 2015. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/sg-2015-0016>

TAKAHASHI, S. S. **Ferrugem Do Eucalipto**: Índice de infecção, análise temporal e estimativas de danos relacionadas à intensidade da doença no campo. 2002. 101 f. Dissertação (Mestrado) – Programa em Agronomia: Proteção de Plantas, Faculdade de Ciências Agronômicas - Unesp, Botucatu.

ZAUZA, E. A. V. et al. Myrtaceae species resistance to rust caused by *Puccinia psidii*. **Australasian Plant Pathology**, [s.l.], v. 39, n. 5, p.406-411, 2010. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1071/ap10077>

Zamprogno, K. C. et al. Utilização de análise de segregantes agrupados na identificação de marcadores ligados a genes que controlam a resistência à ferrugem (*Puccinia psidii* Winter) em *Eucalyptus* sp.. **Summa Phytopathologica**, v.34, n.3, p.253-255, 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

C. henryi (CH), *C. citriodora* sub. *variegata* (CCV) e *C. maculata* (CM) apresentaram rápido crescimento inicial. CH exibiu alta a moderada herdabilidade da média de procedências (H^2_{mp}) e forte controle genético nos caracteres avaliados, possibilitando maior ganho com a continuidade do melhoramento genético. CCV e CM apresentaram baixa herdabilidade da média de procedências para o caráter altura.

E. pilularis apresentou rápido crescimento inicial e boa sobrevivência de plantas. As progênies apresentaram forte controle genético de para altura de plantas mostrando o bom potencial para continuidade do programa de melhoramento.

As mudas de *E. pilularis* em condições ambientais controladas foram 96,25% imunes a resistentes à *A. psidii*

O teste em condições controladas mostrou ter maior precisão seletiva e maior controle genético para o caráter. Dessa forma, o teste em condições controlada foi mais eficiente que o de condições de campo.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 500 p.
- ASSIS, T. F.. Melhoramento genético de *Eucalyptus*: desafios e perspectivas. In: 3º ENCONTRO BRASILEIRO DE SILVICULTURA, 3., 2015, Campinas. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2015. p. 127 - 148.
- BELTRAME, R. et al. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 47, n. 6, p.791-796, jun. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2012000600009>
- BRAWNER, J. T. et al. Selection of *Corymbia citriodora* for pulp productivity. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, [s.l.], v. 74, n. 2, p.121-131, jul. 2012. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.2989/20702620.2012.701418>
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. 6. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 523 p.
- CARNEGIE, A. J. First Report of *Puccinia psidii* (Myrtle Rust) in *Eucalyptus* Plantations in Australia. **Plant Disease**, [s.l.], v. 99, n. 1, p.161-161, jan. 2015.
- CASTELLANO, G. R. et al. Crescimento de eucaliptos quase centenários no Horto de Rio Claro. **Circular Técnica Ipef**, Piracicaba, v. 1, n. 205, p.1-12, jul. 2013. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr205.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2017.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology And Management**, [s.l.], v. 301, p.6-27, ago. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.030>
- IBÁ (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES). **Relatório Anual 2017**. Brasília: Studio 113, 2017. 100 p. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2017.
- LEE, D. J. Achievements in forest tree genetic improvement in Australia and New Zealand 2: Development of *Corymbia* species and hybrids for plantations in eastern Australia. **Australian Forestry**, [s.l.], v. 70, n. 1, p.11-16, jan. 2007. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00049158.2007.10676256>.
- LEWIS, T. et al. **Tree growth relationships and silvicultural tools to assist stand management in private native spotted gum dominant forests in Queensland and northern New South Wales**. Melbourne: Forest & Wood Products Australia, 2010
- MORA, A. L. et al. Resultados de ensaios e introdução de espécies de *Eucalyptus* na região centro-sul. **Boletim Informativo do IPEF**, Piracicaba, v. 3, n. 28, p.29-35, jun. 1981. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/boletim_informativo/bolinf28.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2017.

PÁSZTOR, Y. P. C. **Testes de procedências de *Eucalyptus pilularis* S.M. na região de Mogi Guaçu.** Tese de Doutorado, ESALQ (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”), 1972.

PINTO, C. S. et al. Genetic variability in progenies of *Eucalyptus dunnii* Maiden for resistance to *Puccinia psidii*. **Crop Breeding And Applied Biotechnology**, [s.l.], v. 14, n. 3, p.187-193, out. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332014v14n3a28>

REIS, C. A. F. et al. ***Corymbia maculata*: estado da arte de pesquisas no Brasil.** Colombo: Embrapa Florestas, 2014. 50 p. (Documentos 263; ISSN 1980-3958).

SILVA, P. H. M. et al. Use of genetic markers to build a new generation of *Eucalyptus pilularis* breeding population. **Silvae Genetica**, [s.l.], v. 64, n. 1-6, p.170-181, jan. 2015. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.1515/sg-2015-0016>

SILVA, P. H. M. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies de eucalipto em diferentes condições climáticas. **Scientia Forestalis**, [s.l.], v. 45, n. 115, p.1-1, 1 set. 2017. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF). <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n115.13>

SOUZA, S. M.; SILVA, H. D.; PINTO JÚNIOR, J. E. Variabilidade genética e interação genótipo x ambiente em *Eucalyptus pilularis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 1, n. 26, p.3-16, dez. 1993.