

Avaliação genética do enraizamento de miniestacas de uma procedência de *Eucalyptus cloeziana*

Leandro Silva Oliveira^{1*}, Poliana Coqueiro Dias², Marcílio de Almeida³

¹Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Universitária, 1.000, CEP 39404-547, Montes Claros, MG, Brasil

²Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Av. Francisco Mota, 572, CEP 59625-900, Mossoró, RN, Brasil

³Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, CP 9, CEP 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil

*Autor correspondente:
leandroengflor@gmail.com

Termos para indexação:

Herdabilidade
Recalcitrância
Propagação
Seleção de clones

Index terms:

Herdability
Recalcitrance
Propagation
Clonal selection

Histórico do artigo:

Recebido em 24/03/2015
Aprovado em 14/12/2015
Publicado em 31/12/2015

doi: 10.4336/2015.pfb.35.84.890

Resumo - A clonagem de genótipos superiores apresenta-se como alternativa para aumentar a produtividade florestal, pois permite capturar os ganhos genéticos aditivos e não aditivos advindos do melhoramento florestal. A seleção precoce baseada em características relacionadas ao enraizamento adventício associada às avaliações de produtividade e qualidade poderá ser importante para os programas de melhoramento genético de espécies recalcitrantes, como *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. O objetivo do presente trabalho foi realizar a avaliação genética de indivíduos de *E. cloeziana* baseada no enraizamento adventício. O controle genético do enraizamento adventício de 52 matrizes de *E. cloeziana* foi analisado pela estimativa de componentes de variância e predição de valores genéticos. Utilizou-se o procedimento REML/BLUP (estimação de componentes de variância – Reml e de predição de valores genéticos – Blup). Os resultados demonstraram alto controle genético para o enraizamento adventício (acurácia > 0,85). Os materiais genéticos apresentaram altos coeficientes de variação genotípica (65,8% para enraizamento). A estimativa da correlação genética revelou associação negativa (-0,299) entre enraizamento de miniestacas e presença de calos em miniestacas. As diferenças observadas entre os materiais genéticos de *E. cloeziana* permitiram seu agrupamento em dois grupos. Os resultados obtidos indicam a possibilidade do uso do enraizamento adventício como critério auxiliar de seleção nos programas de melhoramento de *E. cloeziana*.

Genetics evaluation of minicuttings rooting of *Eucalyptus cloeziana* provenance

Abstract - Cloning of superior genotypes is presented as an alternative to increase forest productivity, because it allows capturing the genetic gains (additives and non-additives) from forest breeding. Early selection based on characteristics related to adventitious rooting may be important for breeding programs for recalcitrant species, like *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. The objective of this work was to perform the genetic evaluation of *E. cloeziana* individuals based on adventitious rooting. The genetic control of adventitious rooting of 52 *E. cloeziana* trees was analyzed by variance components estimation and predicts breeding values. We used REML/BLUP procedure (estimation of variance components - Reml and prediction of breeding values - Blub). The variables were analyzed using univariate mixed linear model. The results showed high degree of genetic control for adventitious rooting (accuracy > 0.85). The genotypes showed high genotypic coefficient of variation (65.8% to adventitious rooting). Genetic correlation estimates showed negative association (- 0.299) between adventitious rooting and callus presence in the cuttings. The differences observed among *E. cloeziana* genotypes allowed its grouping into two groups. The results indicate the possibility of using adventitious rooting as selection criteria in *E. cloeziana* breeding programs.

Introdução

Dentre as espécies florestais, *Eucalyptus* se destaca, constituindo-se em um dos principais gêneros mais plantados nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. Os avanços obtidos em pesquisas com relação ao desenvolvimento de métodos de seleção de árvores superiores, de técnicas de propagação vegetativa dos genótipos de interesse e de técnicas silviculturais contribuíram para a expansão dos plantios florestais com *Eucalyptus* (Xavier et al., 2013).

Entretanto, nos últimos anos, a expansão das áreas de plantios de *Eucalyptus* tem ocorrido, sobretudo, para regiões que apresentam condições climáticas adversas às espécies mais plantadas. Além disso, a globalização acentuou a competitividade do setor florestal, impulsionando as empresas a desenvolverem uma silvicultura mais produtiva, porém, com vistas também à qualidade dos seus produtos, objetivando o ganho de maior espaço no mercado (Borges et al., 2011; Oliveira et al., 2013). O crescimento da demanda por madeira de reflorestamentos para usos múltiplos impulsionou a seleção de novas espécies mais adaptadas às condições de estresse, como secas e geadas, e para o fornecimento de madeira de melhor qualidade para o fim a que se destina.

Nesse contexto, *E. cloeziana* tem destaque por ser uma espécie adaptada às regiões tropicais e subtropicais (Trueman et al., 2013), por apresentar rusticidade e rápido crescimento, fatores importantes para reflorestamentos destinados à produção de madeira. O interesse econômico de *E. cloeziana* para o setor florestal deve-se, principalmente, às características tecnológicas da sua madeira, alta densidade, durabilidade e excelente qualidade para mourão de cerca, serraria, produção de carvão e uso na construção civil (Almeida et al., 2007).

A expansão dos plantios comerciais de *E. cloeziana* tem sido limitada pelas dificuldades relacionadas à sua propagação, quer seja via seminífera (Araújo et al., 2004) ou clonal (Moura et al., 2001; Alfenas et al., 2011; Trueman et al., 2013). Uma das alternativas propostas para contornar este entrave é a seleção direta para características relacionadas à propagação em populações melhoradas ou de indivíduos elite, buscando explorar o potencial de clonagem desses genótipos. Entretanto, os ganhos genéticos advindos do uso dessa estratégia dependerão da herdabilidade das características

de propagação, como o potencial do enraizamento adventício dos materiais genéticos.

Nos programas de melhoramento genético florestal o tempo é um fator determinante, em razão do ciclo de exploração da madeira (Beltrame et al., 2012). O enraizamento adventício é uma característica com um significativo componente genético (Borges et al., 2011). Assim, a seleção precoce com base nos primeiros anos de produção ou até mesmo de mudas no viveiro contribui para a redução do tempo de seleção nos programas de melhoramento. A seleção precoce de genótipos quanto ao enraizamento adventício dentro dos programas de melhoramento florestal pode contribuir sobremaneira para reduzir ainda mais o tempo de seleção, pois contornaria o problema de escolha de materiais genéticos recalcitrantes à propagação vegetativa.

O objetivo desse estudo foi realizar a avaliação genética do enraizamento adventício de miniestacas de uma procedência de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. e discutir como a seleção de materiais genéticos quanto ao enraizamento adventício pode contribuir nos programas de melhoramento da espécie.

Material e métodos

Material experimental

As minicepas de *E. cloeziana*, doadoras das miniestacas utilizadas no presente trabalho foram obtidas a partir da germinação de sementes (cultivar LCFA026 –IPEF) de matrizes de uma população base de *E. cloeziana*. Essa população foi formada a partir de material seminal de 25 árvores matrizes de polinização aberta (procedência Gympie, CSIRO) de um povoamento instalado em Anhembi, SP, na Estação Experimental da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESAQL/USP).

A produção das mudas seminais de *E. cloeziana* que constituíram as minicepas foi realizada no Viveiro de Pesquisas pertencente ao Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP.

Formação do minijardim

As mudas de *E. cloeziana* foram produzidas em tubetes plásticos (55 cm³), preenchidos com substrato comercial Bioplant[®], à base de casca de *Pinus*. Foram semeadas dez sementes por tubete, e o raleio realizado aos 40 dias, quando necessário. As mudas foram fertirrigadas semanalmente com 5 mL de solução nutritiva básica. A solução nutritiva era composta

de macro e micronutrientes (Brondani, 2014) e foi formulada para a fertirrigação de minijardim de clones de *E. urophylla*. Ao atingirem altura média de 10 cm, as mudas foram transplantadas para o minijardim.

O minijardim foi estabelecido em casa de vegetação climatizada (temperatura entre 26 e 30 °C), recoberta com plástico de polietileno transparente e composta por dois ventiladores. As minicepas formadas a partir das mudas seminais foram plantadas em vasos plásticos (18 cm x 16 cm x 45 cm) com duas aberturas na porção inferior. O substrato foi composto de areia, fração fina. Os vasos ficaram suspensos por grades metálicas a 85 cm do solo, sendo plantadas seis mudas por vaso no espaçamento 10 cm x 8 cm.

As mudas, ao atingirem altura de 15 cm, tiveram seus ápices podados a 10 cm de altura da base, visando estimular o desenvolvimento das brotações axilares e, conseqüentemente, a formação das minicepas.

A irrigação foi realizada diariamente através de sistema automatizado de gotejamento, enquanto a nutrição mineral foi realizada por fertirrigação, realizada uma vez ao dia, utilizando para isso um regador. Adicionou-se 15 mL de solução nutritiva por minicepa. A solução nutritiva utilizada foi a mesma para a produção das mudas.

Coleta das brotações e preparo das miniestacas

As miniestacas foram coletadas após a padronização da produção do minijardim. Foram coletadas miniestacas apicais com comprimento de 10 cm, com os dois pares de folhas reduzidas à metade da sua área total. Os propágulos coletados foram imediatamente armazenados em caixa de isopor contendo água fria, visando manter a turgescência dos tecidos para o posterior estaqueamento.

Condições de enraizamento das miniestacas

O enraizamento das miniestacas foi realizado em tubetes cônicos (55 cm³) preenchidos com substrato orgânico à base de casca de *Pinus* decomposta. A adubação de incorporação não foi realizada. Para o enraizamento, os propágulos foram acondicionados em casa de vegetação climatizada (umidade relativa do ar > 80%, temperatura entre 26 e 30 °C) com nebulização intermitente por 30 dias, sendo realizada por microaspersão automatizada, com intervalos pré-estabelecidos.

Avaliação do enraizamento das miniestacas

As avaliações compreenderam: percentuais de enraizamento e de calejamento das miniestacas na saída

da casa de vegetação aos 30 dias de idade. As miniestacas foram consideradas como enraizadas, se estas possuíam ao menos uma raiz com comprimento maior que 1 mm. O calejamento das miniestacas foi caracterizado pela formação de calos na base das mesmas, compostos de um aglomerado de células indiferenciadas.

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado com 52 matrizes (cada muda seminal foi denominada de matriz), com dez repetições com 1 miniestaca por repetição.

Estimativas de parâmetros genéticos e estatísticas

A estimativa de componentes de variância e predição de valores genéticos foi realizada usando o procedimento REML/BLUP (estimação de componentes de variância – Reml e de predição de valores genéticos – Blup). Para a avaliação adotou-se o programa computacional Selegen - REML/BLUP (Resende, 2007).

Na avaliação dos indivíduos, as variáveis foram analisadas usando o modelo linear misto univariado, descrito para o delineamento de blocos ao acaso, para um ambiente, com uma planta por parcela, do software Selegen-Reml/Blup, apresentado por Resende (2007), segundo o modelo:

$$y = Xr + Zg + e,$$

em que: **y** = vetor de dados; **r** = vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral; **g** = vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios); **e** = valor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

$$h_g^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{ge}^2 + \sigma_e^2} = \text{herdabilidade individual no sentido amplo de parcelas individuais no bloco;}$$

$$c_g^2 = \frac{\sigma_{ge}^2}{\sigma_g^2 + \sigma_{ge}^2 + \sigma_e^2} : \text{coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x ambientes;}$$

$$\sigma_g^2 = \text{variância genotípica;}$$

$$\sigma_{ge}^2 = \text{variância da interação genótipos x ambientes;}$$

$$\sigma_e^2 = \text{variância residual entre parcelas.}$$

Com os valores genéticos preditos, também utilizando o software Selegen-Reml/Blup, foram obtidas as correlações genéticas entre os caracteres avaliados.

A metodologia da análise multivariada foi realizada para estimar a divergência genética entre os caracteres baseada em valores genotípicos, e seguiu a seguinte ordem: medidas de dissimilaridade, usando a distância generalizada de Mahalanobis (D^2), e posterior agrupamento dos indivíduos em grupos de similaridade, utilizando o método de otimização de Tocher. Para a obtenção da distância generalizada de Mahalanobis foi utilizado o Modelo 104 do programa computacional Selegen-REML/BLUP, que segue a mesma metodologia descrita por Cruz (2001). O agrupamento dos indivíduos foi realizado com base no método de otimização proposto por Tocher (Rao, 1952), sendo utilizado o Modelo 104 do programa Selegen-REML/BLUP. Este método requer a obtenção da matriz de dissimilaridade, no caso a obtida pelo cálculo da distância generalizada de Mahalanobis, sobre a qual é identificado o par de indivíduos mais similares. Estes formaram o grupo inicial e a partir daí são incluídos novos indivíduos ao grupo, ou são formados novos grupos (Cruz et al., 2004).

Resultados e discussão

As herdabilidades para médias de clones (52 matrizes) de *E. cloeziana* foram significativas pelo teste de razão de verossimilhança a 5% de significância e de elevada magnitude, as quais variaram de 72,0% a 79,9%, para presença de calos e enraizamento, respectivamente (Tabela 1). Os resultados conduziram à alta acurácia na seleção de clones de *E. cloeziana* propagados via miniestaquia, indicando expressivo controle genético. Desta forma, infere-se que houve rigor experimental e boa confiabilidade na predição dos valores genotípicos, com possibilidade de identificação de clones superiores visando ao enraizamento adventício. Além disso, a herdabilidade média dos clones foi elevada e enaltece a possibilidade de ganhos com a seleção.

As estimativas de herdabilidades individual no sentido amplo podem ser classificadas de acordo com a classificação de Resende (2002), como de moderada magnitude, tanto para enraizamento (0,217) quanto para presença de calo (0,153). Esse resultado indica a possibilidade de ganhos moderados com a seleção para características de enraizamento em clones de *E. cloeziana* propagados via miniestaquia. Na Tabela

2 são também apresentados os desvios-padrão das herdabilidades individuais, e de acordo com Resende & Rosa-Perez (1999), desvios-padrão da ordem de até 20% do valor verdadeiro da herdabilidade são aceitáveis na predição de valores genéticos, indicando, portanto, que este parâmetro foi estimado com precisão para as características avaliadas (0,4% para enraizamento e 3% para presença de calo).

Tabela 1. Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres enraizamento e presença de calos em clones de *E. cloeziana* propagados via miniestaquia.

Parâmetro	Caracteres	
	Enraizamento	Presença de calos
h^2g	0,217 ± 0,046	0,153 ± 0,0384
h^2mc	0,799*	0,720*
Acgen	0,894	0,854
Média geral	0,334	0,377
CV _{gi} %	65,886	50,427

h^2g = coeficientes de herdabilidade individual no sentido amplo, livre da interação; h^2mc = herdabilidade da média de clone; Acgen = acurácia da seleção de genótipos; CV_{gi}% = coeficiente de variação genotípica = média geral do experimento. * = significativo, pelo teste da razão de verossimilhança a 5% de significância.

De maneira geral, os valores genéticos preditos não são iguais aos valores genéticos verdadeiros dos indivíduos. A proximidade entre esses dois valores pode ser avaliada com base na acurácia (Van Vleck et al., 1987). Quanto maior a acurácia na avaliação de um indivíduo, maior é a confiança na avaliação e no valor genético predito desse indivíduo. As acurácias seletivas encontradas foram altas, conforme classificação de Resende & Duarte (2007), sendo 89% para enraizamento e 85% para presença de calos. Os valores de acurácia apresentados demonstram boa qualidade experimental e segurança na seleção realizada nesse experimento.

Observou-se altos coeficientes de variação genotípica (CV_{gi}), sendo de 65,8% para enraizamento e de 50,4% para presença de calos (Tabela 2). A presença de considerável variabilidade genética indica a possibilidade de se praticar seleção entre clones de *E. cloeziana* propagados via miniestaquia visando ao enraizamento adventício, sendo possível a obtenção de ganhos genéticos significativos. O coeficiente de variação genotípica (CV_{gi}) dos caracteres avaliados, indica que também existem clones que apresentam dificuldade de enraizamento. Portanto, a seleção de

genótipos é possível, pois o CV_{gi} acima de 10% é suficiente para se praticar efetiva seleção entre clones (Resende, 2002).

Com relação à média geral para as características avaliadas, observaram-se valores que podem ser considerados baixos (0,33 para enraizamento e 0,38 para presença de calos), o que é explicado em função da recalitrância da espécie ao enraizamento adventício, confirmado pelo alto coeficiente de variação genotípica.

A baixa taxa de miniestacas enraizadas pode estar relacionada à recalitrância dos genótipos à propagação via miniestaquia. Assim, pode ocorrer seleção indireta desfavorável para crescimento ou características adaptativas, devido à propagação de genótipos específicos (mais propícios à miniestaquia), resultando em perda de famílias ou clones no processo de seleção.

A estimativa da correlação genética evidenciou associação negativa (- 0,299) entre enraizamento e presença de calos em miniestacas. Correlações negativas sugerem que a seleção para um caráter não leva a uma resposta consistente em outro caráter, indicando que a seleção de clones com maior potencial ao enraizamento deve ser baseada no enraizamento e não na presença de calos nas miniestacas.

O ganho genético em relação à média geral do experimento, utilizando os dez melhores clones do ordenamento para valores genotípicos, foi da ordem de 100% para enraizamento de miniestacas e acima de 63%, para presença de calos (Tabela 2), indicando boa possibilidade de ganho com a seleção nessas condições, com destaque para o enraizamento de miniestacas. Os clones 52, 2, 15 e 23 foram os que apresentaram maior ganho em relação ao enraizamento de miniestacas.

De acordo com a Tabela 2, os clones que apresentaram maior valor genotípico para enraizamento de miniestacas não foram os mesmos que apresentaram os maiores valores genotípicos médios para presença de calos. Isso já era esperado em função da baixa correlação genética entre as características estudadas. A calogênese na base das miniestacas não é um processo essencial ao enraizamento adventício das mesmas. Embora, muitas vezes ocorra a formação de calos e o enraizamento adventício simultaneamente sob condições adequadas, eles são processos independentes (Arteca, 1996). A

calogênese tem sido relatada com um entrave para o enraizamento de propágulos de algumas espécies florestais através da alporquia (Singh & Ansari, 2014) e da estaquia (Canli & Bozkurt, 2009).

A propagação vegetativa pode possibilitar a obtenção de maiores ganhos genéticos que a propagação via sementes (Xavier et al., 2013). Tendo em vista que várias espécies de *Eucalyptus* apresentam algum nível de recalitrância ao serem multiplicadas por este processo, é importante a observação da herança dessa característica. As diferenças observadas entre os materiais genéticos de *E. cloeziana* permitiram seu agrupamento em dois grupos, sendo um formado pelo clone 49 e o outro pelos demais clones. A classificação das matrizes de *E. cloeziana* em distintos grupos demonstra que o procedimento REML/BLUP é aplicável neste contexto e oferece a oportunidade de se utilizar a indução de raízes adventícias em miniestacas como critério dentro dos programas de melhoramento da espécie. Além disso, essa também é uma alternativa importante para híbridos interespecíficos que são recalitrantes quanto à clonagem em larga escala. As diferenças, quanto à variação genética ao enraizamento adventício, observadas para os clones de *E. cloeziana*, indicam que há perspectiva de incremento no potencial de enraizamento da espécie. Ganhos genéticos poderiam ser obtidos com a hibridação dos genótipos com alta capacidade rizogênica. Apesar da importância do enraizamento adventício na propagação clonal de *Eucalyptus*, ainda são poucos os estudos que abordam o uso dessa variável na seleção de genótipos (Shepherd et al., 2008; Almeida et al., 2010). A carência de estudos relacionados à seleção de genótipos superiores quanto ao enraizamento adventício dentro do programa de melhoramento florestal provavelmente é consequência da eliminação de genótipos produtivos para outras características de interesse. Além disso, a seleção quanto ao enraizamento adventício ocorre naturalmente nos viveiros, visto que genótipos recalitrantes para enraizamento são descartados. Entretanto, para espécies recalitrantes, como *E. cloeziana*, as avaliações relativas à clonagem via miniestaquia tem maior relevância, visto que a capacidade de formar raízes adventícias nos propágulos vegetativos é muito restrita e a seleção de genótipos específicos poderá viabilizar a propagação da espécie.

Tabela 2. Ordenamento de clones por seus valores genotípicos e ganhos preditos para o enraizamento e presença de calos em miniestacas de *E. cloeziana* 30 dias após o estaqueamento.

Característica	Ordenamento	Genótipo	g	$\mu+g$	Ganho	Nova média	Ganho em relação à média geral (%)
Enraizamento	1	52	0,4412	0,7753	0,4412	0,7753	132,126
	2	2	0,4412	0,7753	0,4412	0,7753	132,126
	3	15	0,4412	0,7753	0,4412	0,7753	132,126
	4	23	0,4412	0,7753	0,4412	0,7753	132,126
	5	29	0,3902	0,7243	0,4310	0,7651	129,072
	6	49	0,3902	0,7243	0,4242	0,7583	127,036
	7	51	0,3902	0,7243	0,4193	0,7535	125,599
	8	48	0,2373	0,5714	0,3966	0,7307	118,773
	9	22	0,1863	0,5204	0,3732	0,7073	111,767
	10	4	0,1353	0,4694	0,3494	0,6835	104,641
Presença de calos	1	33	0,3235	0,7010	0,3235	0,7010	85,94164
	2	49	0,3235	0,7010	0,3235	0,7010	85,94164
	3	34	0,2771	0,6545	0,3081	0,6855	81,83024
	4	12	0,2306	0,6080	0,2887	0,6661	76,68435
	5	25	0,2306	0,6080	0,2771	0,6545	73,60743
	6	40	0,2306	0,6080	0,2693	0,6467	71,53846
	7	45	0,2306	0,6080	0,2638	0,6412	70,07958
	8	41	0,1841	0,5615	0,2538	0,6312	67,42706
	9	46	0,1841	0,5615	0,2461	0,6235	65,38462
	10	50	0,1841	0,5615	0,2399	0,6173	63,74005

g: efeitos genotípicos; μ = média geral.

Conclusão

Com base nos valores de acurácia, herdabilidade, coeficiente de variação genotípica e ganho genético, conclui-se que a seleção pelo caráter enraizamento pode ser praticada em clones de *Eucalyptus cloeziana*, possibilitando o aumento na porcentagem de estacas com raízes adventícias.

A seleção para enraizamento adventício pode contribuir nos programas de melhoramento genético de *E. cloeziana*, por ser uma característica com alto efeito genotípico, o que poderá proporcionar maiores ganhos genéticos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos e ao IPEF (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais) pelo suporte técnico.

Referências

- ALFENAS, R. R.; COUTINHO, M. M.; FREITAS, C. S.; FREITAS, R. G.; ALFENAS, A. C. Developing clones of *Eucalyptus cloeziana* resistant to rust (*Puccinia psidii*). In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON GENETICS OF HOST-PARASITE INTERACTIONS IN FORESTRY, 4., 2011, Eugene: **Proceedings...** Eugene: USDA, 2011. p. 11-15.
- ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell por estaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 445-453, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622007000300010>.
- ALMEIDA, M. R. de; RUEDELL, C. M.; RICACHENEVSKY, F. K.; SPEROTTO, R. A.; PASQUALI, G.; FETT-NETO, A. G. Reference gene selection for quantitative reverse transcription-polymerase chain reaction normalization during *in vitro* adventitious rooting in *Eucalyptus globulus* Labill. **BMC Molecular Biology**, Bethesda, v. 11, n. 73, 2010. DOI: 10.1186/1471-2199-11-73.
- ARAÚJO, C. V. M.; ALVES, L. J.; SANTOS, O. M.; ALVES, J. M. Micorriza arbuscular em plantações de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell no litoral norte da Bahia, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 513-520, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062004000300011>.

- ARTECA, R. N. **Plant growth substances**: principles and substances. Dordrecht: Chapman & Hall, 1996. 288 p.
- BELTRAME, R.; BISOGNIN, D. A.; MATTOS, B. D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; HASELEIN, R.; GATTO, D. A.; SANTOS, G. A. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 47, n. 6, p. 791-796, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000600009>.
- BORGES, S. R.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; MELO, L. A.; ROSADO, M. A. Enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus globulus*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 425-434, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622011000300006>.
- BRONDANI, G. E.; BENEDINI, F. J.; BERGONCI, T.; GONÇALVES, A. N.; ALMEIDA, M. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii*: efeito do genótipo, AIB, zinco, boro e coletas de brotações. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 147-156, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602014000100018>.
- CANLI, F. A.; BOZKURT, S. Effects of indolebutyric acid on adventitious root formation from semi-hardwood cuttings of 'Sarierik' Plum. **Journal of Applied Biological Sciences**, Ankara, v. 3, n. 1, p. 45-48, 2009.
- CRUZ, C. D. **Programa genes**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: Imprensa Universitária da UFV, 2001. 442 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa, MG: Ed da UFV, 2004. 460 p.
- MOURA, V. P. G.; BOLOGNANI, H.; PIRES, I. E.; GOMES, F. S.; VIEIRA, I. G.; OLIVEIRA, V.; PALUDZYSZYN FILHO, E. P. Energia. In: WORKSHOP SOBRE MELHORAMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS E PALMÁCEAS NO BRASIL, 2001, Curitiba. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2001. p. 227-230. (Embrapa Florestas. Documentos, 62).
- OLIVEIRA, L. S.; DIAS, P. C.; BRONDANI, G. E. Micropropagação de espécies florestais brasileiras. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 76, p. 439-453, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.4336/2013.pfb.33.76.481>.
- RAO, R. C. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: J. Wiley, 1952. 390 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, 2007.
- RESENDE, M. D. V. de. **SELEGEM-REML/BLUP**: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 361 p.
- RESENDE, M. D. V. de; ROSA-PEREZ, J. R. H. **Genética quantitativa e estatística no melhoramento animal**. Curitiba: Imprensa Universitária da UFPR, 1999. 494 p.
- RESENDE, M. D. V. de. **Software SELEGEM-REML/BLUP**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 67 p. (Embrapa Florestas, Documentos, 77).
- SHEPHERD, M.; KASEM, S.; LEE, D. J.; HENRY, R. Mapping species differences for adventitious rooting in a *Corymbia torelliana* × *Corymbia citriodora* subspecies variegata hybrid. **Tree Genetics & Genomes**, Davis, v. 4, n. 4, p. 715-725, 2008. DOI: 10.1007/s11295-008-0145-1.
- SINGH, S.; ANSARI, S. A. Callus formation impedes adventitious rhizogenesis in air layers of broadleaved tree species. **Annals of Forest Research**, v. 57, n. 1, p. 47-54, 2014. DOI: 10.15287/afr.2014.189.
- TRUEMAN, S. J.; MCMAHON, T. V.; BRISTOW, M. Production of *Eucalyptus cloeziana* cuttings in response to stock plant temperature. **Journal of Tropical Forest Science**, Kepong, v. 25, n. 1, p. 60-69, 2013.
- VAN VLECK, L. D. Selection when traits have different genetic and phenotypic variances in different environments. **Journal of Dairy Science**, Cambridge, v. 70, p. 337-344, 1987.
- XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal**: princípios e técnicas. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2013. 279 p.

