

## **AVALIAÇÃO GENÉTICA EM TESTE DE PROGÊNIE DE ERVA-MATE POR MEIO DO SOFTWARE SELEGEN – REML/BLUP**

STURION, J. A.<sup>1</sup>; RESENDE M. D. V. de<sup>2</sup>; NEIVERTH, D. D<sup>3</sup>.; OLISZESKI, A.<sup>4</sup>

### **RESUMO**

Em plantas perenes, a seleção propriamente dita deve basear-se nos valores genéticos aditivos (quando o interesse é a propagação sexuada dos indivíduos selecionados) e genotípicos (quando o interesse é a propagação assexuada dos indivíduos selecionados) preditos de todos os indivíduos avaliados em campo. As técnicas ótimas de avaliação genética envolvem simultaneamente a predição de valores genéticos e a estimação de componentes de variância, sob modelos estatísticos no âmbito de indivíduos. O presente trabalho têm por objetivo efetuar a avaliação genética de indivíduos, por meio do “Software SELEGEN-REML/BLUP”, em um teste combinado de procedência e progênie integrante do programa de melhoramento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) coordenado pela Embrapa Florestas, com o propósito de identificar as melhores árvores para a instalação de pomares de sementes por mudas ou clonal. O material genético consiste de sete procedências e 140 progênies de meios-irmãos, instalado em Ivai – PR. O delineamento foi de blocos ao acaso, com 10 repetições de parcelas lineares com seis plantas, no espaçamento de 3 x 2m. Ganhos genéticos de alta magnitude podem ser obtidos, para peso foliar, com a seleção de indivíduos com base em valores genéticos, tanto pelo desbaste do teste combinado de procedência e progênie, com vistas a transformá-lo em pomar de sementes por mudas, como por meio da propagação vegetativa dos melhores indivíduos para um pomar clonal. Contudo, essa última alternativa, além de propiciar maiores ganhos genéticos, permite uma melhor distribuição espacial das árvores no campo, favorecendo a polinização

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*, progênies, valor genético

### **GENETIC EVALUATION IN *Ilex paraguariensis* ST. HIL. PROGENY TEST BY MEANS OF SOFTWARE SELEGEN – REML/BLUP**

### **ABSTRACT**

The selection in perennial plants, established on evaluations of all individuals in the field must be based on predict additive genetic (when the interest is the sexual propagation of the selected individuals) and genotypic values (when the interest is the vegetative propagation of the selected individuals). The optimal techniques of genetic evaluation engaged simultaneously the prediction of genetic values and estimation of components of variation, by means of individually based statistical models. This paper aims to propose the genetic evaluation of individuals by means of the “Software SELEGEN – REML/BLUP”, in a combined progeny and provenance test, part of the breeding program of *Ilex paraguariensis*,

---

<sup>1</sup>Eng. Florestal, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas. Estrada da Ribeira km 111, 84.411-000 – Colombo, PR - Brasil. sturion@cnpf.embrapa.br

<sup>2</sup>Eng.-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da Embrapa Florestas.

<sup>3</sup>Eng.-Agrônomo, B.S., Responsável Técnico da Chimarrão Bitumirim. C P: 11, CEP: 8446-000, Ivai, PR – Brasil; bitu@interponta.com.br

<sup>4</sup>Sócio-diretor da Chimarrão Bitumirim.

coordinated by Embrapa Florestas, and to select the better trees to form seedling and clonal seed orchards. The genetic material consisted of 140 half-sib progenies, and was installed in the municipality of Ivai – PR. The statistical design was randomized blocks with ten replications of six plant linear plots, and 3 x 2 m spacing among plants and lines. High genetic gains can be obtained, for foliar weight, by taking into account the genetic values for the selection of individuals either by thinning the combined progeny and provenance trial and establish the seedling seed orchard or by vegetative propagation of the better trees to establish a clonal seed orchard. However, the last alternative give higher genetic gains, better spatial distribution of the trees and facilitate the pollination.

Key words: *Ilex paraguariensis*; genetic values; seed orchard

## 1. INTRODUÇÃO

O melhoramento genético da erva-mate é relativamente recente, tendo-se iniciado a partir de 1974 na Argentina e na década de 1990 no Brasil. Basicamente três programas estão em desenvolvimento: o do Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária (INTA) na Argentina (Belingheri e Prat Kricun, 1997), o da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) (Floss, 1997) e o da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (Sturion e Resende, 1997). De maneira geral, estes programas têm enfatizado as seguintes características silviculturais: adaptação, produção de massa verde, resistência à pragas e doenças, desfolhamento e tipo de ramificação ou arquitetura. Em um futuro próximo, características associadas à qualidade dos produtos da erva-mate também deverão ser consideradas nos programas de melhoramento.

O sucesso de um programa prático de melhoramento genético de espécies perenes depende fundamentalmente de conhecimentos sólidos em pelo menos quatro áreas: (i) conhecimento do produto final de interesse, com suas relações industriais e mercadológicas, exigências qualitativas e formas de uso pelo consumidor; (ii) conhecimento do germoplasma disponível para obtenção de tais produtos, notadamente da variação biológica entre espécies no gênero, entre populações dentro de espécie e dentro de populações; (iii) conhecimento dos fatores ambientais que afetam a expressão fenotípica, notadamente os fatores edáficos, climáticos e técnicas de cultivo das plantas e de colheita dos produtos e (iv) conhecimento acerca de metodologias de seleção e de melhoramento, destacando-se o emprego eficiente das técnicas de genética quantitativa. Nesse sentido, a avaliação genética dos candidatos à seleção é um processo fundamental ao melhoramento genético de plantas e animais. Em plantas perenes, a seleção propriamente dita deve basear-se nos valores genéticos aditivos (quando o interesse é a propagação sexuada dos indivíduos selecionados) e genotípicos (quando o interesse é a propagação assexuada dos indivíduos selecionados) preditos de todos os indivíduos avaliados em campo. As técnicas ótimas de avaliação genética envolvem simultaneamente a predição de valores genéticos e a estimação de componentes de variância, sob modelos estatísticos em nível de indivíduos (Resende, 2002a).

O SELEGEN – REML/BLUP, atende de maneira ótima aos casos de experimento desbalanceado e balanceado. Adotando modelos ao nível individual fornece: (i) valores genéticos aditivos preditos; (ii) valores genotípicos preditos; (iii) estimativas de componentes de variância; (iv) ordenamento dos candidatos a seleção segundo valores genéticos aditivos ou genotípicos; (v) estimativas de ganhos genéticos; (vi) estimativas do tamanho efetivo populacional; (vii) estimativas da interação genótipo x ambiente; (viii) estimativas do valor genético de cruzamentos. Abrange os delineamentos experimentais de blocos ao acaso e látice, os delineamentos de cruzamento em polinização aberta e controlada (progênes de

meios irmãos e irmãos germanos, cruzamentos dialélicos, fatoriais, hierárquicos, delineamentos desbalanceados, híbridos) bem como testes clonais, uma ou várias populações, experimentos repetidos em vários locais, uma ou várias plantas por parcela, presença ou ausência de medidas repetidas (Resende, 2002b). Emprega os modelos, estimadores e preditores apresentados por Resende (1999; 2000; 2002a) e pode ser empregado para plantas alógamas, autógamas e com sistema reprodutivo misto. Direcionado a espécies perenes e semi-perenes, pode também ser empregado em espécies anuais. Com adaptações, pode também ser empregado no melhoramento animal.

O presente trabalho têm por objetivo efetuar a avaliação genética de indivíduos em um teste combinado de procedência e progênie integrante do programa de melhoramento da erva-mate coordenado pela Embrapa Florestas, com o propósito de identificar as melhores árvores para a instalação de pomares de sementes por mudas ou clonal.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O material genético consiste de um teste combinado de procedência e progênies de meios-irmãos, instalado em Ivaí – PR, em março de 1997, composto das procedências de Antônio Olinto - PR (21 progênies), Barão de Cotegipe - RS (21 progênies), Cascavel - PR (25 progênies), Colombo - PR (25 progênies), Ivaí - PR (25 progênies), Pinhão - PR (25 progênies) e Quedas do Iguaçu - PR (25 progênies). O delineamento foi de blocos ao acaso, com 10 repetições de parcelas lineares com seis plantas, no espaçamento de 3 x 2m.

Ivaí está sob a influência do tipo climático Cfb - clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco freqüentes, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida. A média das temperaturas dos meses mais quentes é superior a 22 °C e a dos meses mais frios é inferior a 18 °C, temperatura média anual entre 17 °C e 18 °C, precipitação média anual em torno dos 1.500 mm e excedente hídrico variando de 500 a 800 mm.

O teste está instalado em solo da classe LATOSSOLO BRUNO Distrófico A moderado, textura muito argilosa, fase relevo suave ondulado segundo Embrapa (1999) e Haploperox de acordo com Estados Unidos (1994). Este solo caracteriza-se por ser profundo, acentuadamente drenado, poroso, muito argiloso (72% de argila) e de coloração bruno avermelhada-escura. Quimicamente, é ácido com saturação de bases baixa e saturação com alumínio elevada. Ocorre em relevo suave ondulado com declives em torno de 4% e em altitudes variando de 700 a 750 metros, originários de rochas sedimentares (argilito).

O teste, após a seleção dos melhores indivíduos para massa foliar, com base em seus valores genéticos, será transformado em pomar de sementes por mudas e as melhores 50 árvores serão clonadas em um pomar de sementes clonal.

As estimativas de parâmetros genéticos foram efetuadas por meio do “Software SELEGEN- REML/BLUP”, desenvolvido por Resende (2002b). Utilizou-se o modelo 5 ou seja: Blocos ao acaso, progênies de meios-irmãos, várias plantas por parcela, várias populações. Nesse caso o arquivo de dados apresenta a seguinte seqüência de colunas: Indivíduo, Progênie, Bloco, Parcela, Procedência, Árvore, Variáveis.

Os dados de peso de massa foliar analisados referem-se a primeira poda de produção, efetuada em julho de 2001, aos dois anos após a poda de formação do erval.

### 3. RESULTADOS

Para o modelo utilizado o arquivo de resultados apresenta os seguintes componentes de variância (REML individual):

Va: variância genética aditiva = 389201,99 ;

V<sub>parc</sub>: variância ambiental entre parcelas = 112963,04;

V<sub>proc</sub>: variância genética entre procedências ou populações = 360092,67;

Ve: variância residual dentro de parcelas (ambiental + genética não aditiva) = 1445729,17

Vf: variância fenotípica individual = 2016085,38;

h<sup>2</sup><sub>a</sub>: herdabilidade individual no sentido restrito no bloco, ou seja, dos efeitos aditivos = 0,19

c<sup>2</sup><sub>parc</sub>: coeficiente de determinação dos efeitos de parcela = 0,056;

c<sup>2</sup><sub>proc</sub>: coeficiente de determinação dos efeitos de procedência = 0,1786;

Média geral do experimento = 1394,64 g

Na Tabela 1 encontram-se os valores genéticos e a nova média para peso de massa foliar (safra 2) de procedências de erva-mate plantadas em Ivai – PR.

TABELA1. Estimativas de valores genéticos e de ganhos obtidos para cada procedência, para peso de massa foliar, referente à primeira poda de produção

Procedência	Ordem	Valor genético	Ganho	Nova média (g)
Quedas do Iguaçu – PR	1	574,28	574,28	1968,92
Barão de Cotegipe – RS	2	478,67	526,47	1921,12
Cascavel – PR	3	338,28	463,74	1858,39
Ivai – PR	4	327,93	429,79	1824,43
Antonio Olinto - PR	5	-281,98	287,44	1682,08
Pinhão - PR	6	-391,50	174,28	1568,93
Colombo - PR	7	-1045,68	0,00	1394,64

As procedências que apresentaram os maiores valores genéticos em Ivai foram as de Barão de Cotegipe, Quedas do Iguaçu, Cascavel e Ivai, sendo, portanto, aquelas indicadas, entre as testadas, para plantio nesse local. O plantio unicamente da procedência de Quedas do Iguaçu elevaria a média do povoamento, representada pelas sete procedências ali testadas, de 1394,64 g/planta para 1968,92 kg/planta, ou seja um ganho de 41,2%. Com a utilização das quatro melhores procedências, o ganho cairia para 30,8%.

Contudo, a seleção deve ser efetuada com base em valores genéticos de indivíduos, independente de procedências. Isto porque é possível identificar entre as procedências com desenvolvimento inferior indivíduos com altas produções de massa foliar. A título de exemplo na Tabela 2 estão ordenadas as 20 árvores de maior valor genético.

TABELA 2. Relação das vinte matrizes superiores, com seus respectivos valores genéticos aditivos (VGA) e Genotípicos (VGG), para peso foliar, por ocasião da segunda poda.

Ord.	Bl	Fam	Proc	Arv	f	a	u+a	Ganho	N. média	Ne	d	g
1	2	79	QI	2	11.300	2717,87	4112,51	2717,87	4112,51	1	1006,7	3724,57
2	2	65	BC	2	9.200	2369,33	3763,98	2543,6	3938,25	2	719,27	3088,61
3	5	79	QI	5	7.800	2134,94	3529,58	2407,38	3802,03	2,48	618,08	2753,02
4	10	99	QI	1	10.000	2036,37	3431,01	2314,63	3709,27	3,49	901,43	2937,8
5	6	70	BC	1	8.000	2031,13	3425,78	2257,93	3652,57	4,49	704,22	2735,35
6	6	93	QI	3	7.600	2012,44	3407,09	2217,02	3611,66	5,5	622,19	2634,64
7	2	95	QI	5	7.950	2010,65	3405,29	2187,53	3582,18	6,5	607,2	2617,85
8	4	65	BC	5	6.800	1977,57	3372,21	2161,29	3555,93	7,06	458,1	2435,67
9	4	87	QI	4	8.550	1952,45	3347,1	2138,08	3532,73	8,05	686,8	2639,25
10	7	65	BC	1	6.300	1934,93	3329,57	2117,77	3512,41	8,23	429,67	2364,59
11	1	95	QI	1	7.600	1896,02	3290,67	2097,61	3492,25	8,86	530,78	2426,8
12	6	79	QI	2	6.600	1892,07	3286,71	2080,48	3475,13	9,16	456,17	2348,23
13	2	65	BC	3	6.750	1874,66	3269,31	2064,65	3459,29	9,2	389,49	2264,16
14	6	65	BC	1	6.200	1824,48	3219,13	2047,49	3442,14	9,08	356,04	2180,52
15	10	57	BC	4	8.400	1786,14	3180,79	2030,07	3424,72	9,99	652,95	2439,1
16	3	155	CA	5	6.850	1731,71	3126,35	2011,42	3406,07	10,9	530,95	2262,66
17	5	61	BC	5	7.500	1719,59	3114,23	1994,26	3388,9	11,82	620,73	2340,32
18	9	10	IV	6	6.800	1688,93	3083,57	1977,29	3371,94	12,75	535,34	2224,26
19	10	87	QI	3	7.100	1673,34	3067,98	1961,3	3355,94	13,42	500,72	2174,06
20	1	79	QI	4	5.750	1665,56	3060,2	1946,51	3341,15	13,56	305,16	1970,72
Ganho						139,57					181,27	
Ganho												
(% )												

f = valor fenotípico individual; a = efeito genético aditivo previsto; u + a = valor genético aditivo previsto;

Ne = tamanho efetivo populacional; d = efeito de dominância previsto; g = efeito genotípico previsto

BC = Barão de Cotegipe; IV = Ivai; CA = Cascavel; QI = Quedas do Iguaçu

O desbaste desse teste, mantendo-se as 200 árvores de maior valor genético, com o propósito de transformá-lo em pomar de sementes por mudas, elevará a média do povoamento de 1.394,64 para 2803,27 g/planta, ou seja um ganho de 101%. Entre as 200 melhores árvores 20, 64, 81, 29 e 6 pertencem, respectivamente, as procedências de Ivaí, Barão de Cotegipe, Quedas do Iguaçu, Cascavel e Pinhão. Observa-se que foram selecionadas 6 árvores da procedência de Pinhão com produtividade média inferior aquela apresentada pelas melhores procedências (Tabela 1).

Contudo, a clonagem das 50 melhores árvores, com o objetivo de se instalar um pomar de sementes clonal, elevará a média do povoamento para 3.584 g/planta, ou seja um ganho de 157%. Nesse caso, seriam selecionadas 3, 20, 20 e 7 árvores das procedências Ivaí, Barão de Cotegipe, Quedas do Iguaçu e Cascavel, respectivamente. Além de um maior ganho, a instalação do pomar de sementes clonal permite uma melhor distribuição espacial dos indivíduos no campo, favorecendo a polinização que pode ser prejudicada no pomar de sementes por mudas, caso o desbaste provoque concentração de árvores provocando grandes vazios no campo.

#### 4. CONCLUSÕES

Ganhos genéticos de alta magnitude podem ser obtidos com a seleção de indivíduos com base em valores genéticos, tanto pelo desbaste do teste combinado de procedência e progênie, com vistas a transformá-lo em pomar de sementes por mudas, como por meio da propagação vegetativa dos melhores indivíduos para um pomar clonal. Contudo, essa última alternativa, além de propiciar maiores ganhos genéticos permite uma melhor distribuição espacial das árvores no campo, favorecendo a polinização

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELINGHERI, L. D.; PRAT KRICUN, S. D. Evaluacion preliminar de clones y progenies policlonales de yerba mate. In: WINGE, H.; FERREIRA, A.G.; MARIATH, J.E. de A.; TARASCONI, L.C. Org. **Erva-mate: biologia e cultura no cone sul**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1995. p.151-156.

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Classificação de solos usado em levantamentos pedológicos no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira do Solo**, Campinas, v.12, n.1, p.11-33, 1987.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa. Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Staff. **Keys to soil taxonomy**. Washington, 1994, 306p.

FLOSS, A. Programa de melhoramento genético da erva-mate na EPAGRI. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 1.; REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2., 1997, Curitiba. **Anais**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1997. p.279.

RESENDE, M. D. V. de. **Predição de valores genéticos, componentes de variância, delineamentos de cruzamento e estrutura de populações no melhoramento florestal.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1999. 434 p. Tese Doutorado.

RESENDE, M. D. V. de. **Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes.** Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 101p. (Documentos 47).

RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002a. 975p.

RESENDE, M.D.V. de. **Software SELEGEN-REML/BLUP.** Colombo: Embrapa Florestas, [2002b?]. Não paginado. No prelo.

STURION, J.A.; RESENDE, M.D.V. de. Programa de melhoramento genético da erva-mate no Centro Nacional de Pesquisa de Florestas da Embrapa. In: I CONGRESSO SUL AMERICANO DA ERVA-MATE. II REUNIÃO TÉCNICA DO CONE SUL SOBRE A CULTURA DA ERVA-MATE, 2., 1997, Curitiba. **Anais...**Colombo. EMBRAPA-CNPFF, 1997. 467p. (EMBRAPA-CNPFF, Documentos, 33).