

Desempenho de progênies de erva-mate em Santa Catarina, Brasil

Benedito, Débora Caroline Defensor¹; Aguiar, Natália Saudade de¹; Duarte, Manoela Mendes²; Gabira, Mônica Moreno³; Tomasi, Jéssica de Cássia¹; Reis, Cristiane Aparecida Fioravante⁴; Wendling, Ivar⁴

¹Doutoranda. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil,

debora_defensor@outlook.com; talia.saguiar@yahoo.com.br; jehtomasi@gmail.com

²Doutora, bolsista CNPq. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil, manu.florestal@gmail.com

³Doutora, bolsista de pós-doutorado na Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, São Paulo, Brasil, monica.gabira@gmail.com

⁴Pesquisador (a). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil, cristiane.reis@embrapa.br; ivar.wendling@embrapa.br

Resumo: A erva-mate tem grande valor econômico, principalmente nos estados do Sul do Brasil. A busca por cultivares cada vez mais produtivas e adequadas aos ambientes de cultivo é constante, sendo o estabelecimento de testes progênies importantes para estimar parâmetros genéticos e auxiliar no processo de seleção. O teste de progênies do presente estudo foi implantado, em julho de 2016, no município de Major Vieira, no estado de Santa Catarina. O experimento foi delineado em blocos ao acaso, com 10 repetições de três plantas por parcela, no espaçamento 3 x 1,5 m. O teste é composto por 51 progênies de erva-mate de primeira, segunda e terceira gerações. Os dados referentes à produtividade da biomassa comercial foram obtidos em julho de 2022. Foram analisados de acordo com o procedimento de modelos mistos por meio software SELEGEN - REML/BLUP, objetivando estimar os componentes de variância e predizer os BLUPs. A estimativa da acurácia seletiva no teste foi satisfatória, sendo superior a 70%. A análise de *deviance* indicou que existem diferenças quanto à produção de biomassa comercial entre as progênies, com possibilidades de ganhos com a seleção. A média melhorada das 10 melhores árvores (intensidade de seleção de 1%), quanto aos valores genéticos aditivos ($u+a = 6,2759$ a $8,2638$), proporcionou um ganho genético de 43,32% em relação à média da população original. Já a média da população melhorada das 10 melhores árvores quanto aos valores genotípicos ($u+g = 6,7919$ a $10,2831$) proporcionará um ganho superior de 65,34%, uma vez que toda variância genética é capitalizada na seleção de clones. O desempenho das progênies de erva-mate neste teste é satisfatório e permite ganhos com a seleção de árvores superiores, seja de genitores para recombinação futura e, conseqüente avanço de geração, ou para clonagem. Os candidatos a clones serão avaliados em maior número de ambientes de forma a aferir seu mérito genético, com possibilidade de geração de futuras cultivares.

Palavras-chave: Ganho de seleção. Melhoramento genético. REML/BLUP. Selegen.

Introdução

Ilex paraguariensis St. Hil., conhecida como erva-mate, é uma árvore da família Aquifoliaceae, encontrada no sul do Brasil, Argentina e Paraguai (Carvalho, 2013). A erva-mate tem grande valor econômico nos estados do Sul do Brasil, por meio da colheita de folhas maduras e ramos finos das árvores (Santin et al., 2019), sendo utilizadas *in natura* na forma de chá mate, chimarrão e tereré e, também, nas indústrias farmacêuticas e alimentícias (Bracesco et al., 2011; Bracesco, 2019).

Grande parte dos plantios de erva-mate são implantados com mudas de baixa qualidade, produzidas a partir de sementes, sem critérios de seleção das matrizes, o que contribui para a baixa produtividade dos ervais (Penteado Júnior e Goulart, 2019). No Brasil, a produtividade média de biomassa comercial de erva-mate por área foi estimada em 8,1 ton ha⁻¹ em 2021 (IBGE, 2021), sendo que a grande maioria das plantações de erva-mate foram estabelecidas com materiais genéticos não melhorados. Entretanto, há cultivares comerciais com capacidade potencial de produção acima de 15 ton ha⁻¹ a cada 18 meses (Penteado Júnior e Goulart, 2019; Wendling, 2016).

A busca por cultivares cada vez mais produtivas e adequadas aos ambientes de cultivos de erva-mate é constante. No Brasil, há algumas iniciativas institucionais em prol do melhoramento genético da espécie. Uma dessas iniciativas é o Programa de Melhoramento Genético da Erva-Mate conduzido pela Embrapa Florestas em conjunto com parceiros públicos e privados (Resende et al., 1995). Neste contexto, o estabelecimento de testes de progênies é importante, pois possibilita estimar a herança de caracteres de valor econômico, os ganhos genéticos esperados pela seleção, bem como balizar a seleção de árvores matrizes, seja para produção de sementes melhoradas ou para clonagem (Costa, 2012).

Diante disso, o presente estudo objetivou avaliar um teste de progênies de erva-mate estabelecido no município de Major Vieira, estado de Santa Catarina, na região Sul do Brasil.

Material e Métodos

O teste de progênies foi implantado em julho de 2016 em uma propriedade privada no município de Major Vieira - SC - Brasil (26°18'20,339"S, 50°21'23,725"W, na altitude de 810 m). O solo do local do experimento é do tipo Cambissolo Háplico Ta Alumínico típico e o clima, de acordo com a classificação climática de Köppen é Cfb.

O experimento foi delineado em blocos ao acaso, com 10 repetições, três plantas por parcela, no espaçamento 3 x 1,5 m. O teste foi composto por 51 progênies de polinização aberta, de primeira, segunda e terceira gerações. As sementes das 10 progênies de primeira geração foram coletadas em matrizes superiores nativas localizadas nos estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul; as sementes das 39 progênies de segunda geração foram coletadas em matrizes superiores selecionadas em testes de progênies de primeira geração implantados em 1997, em Chapecó-SC e Ponta Grossa-PR; duas progênies de terceira geração foram provenientes de matrizes superiores coletadas em teste de progênies de segunda geração, implantado em Ponta Grossa-PR (1997), o qual tem como origem o teste de primeira geração implantado em Colombo-PR (1988).

Os dados de produtividade da biomassa comercial de erva-mate (folhas e ramos finos, menores que 7mm), em kg planta⁻¹, foram obtidos em julho de 2022, conforme metodologia desenvolvida por Wendling et al. (2016).

A análise de dados foi conduzida de acordo com o procedimento de modelos mistos (*Restricted Maximum Likelihood/Best Linear Unbiased Prediction* – REML/BLUP), via Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada (SELEGEN - REML/BLUP) (Resende, 2016). A REML (Máxima Verossimilhança Restrita) foi aplicada para estimar os componentes da variância e o BLUP (Melhor Predição Linear Não Viciada) para prever os valores genéticos aditivos. Utilizou-se o Modelo 01 do SELEGEN que considera progênies de polinização aberta de plantas alógamas, com várias observações por parcela, delineamento de blocos casualizados completos, avaliadas em um só local e safra (Equação 1) (Resende, 2007).

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

Em que: y é o vetor de 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 e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

A partir dessas análises foram obtidas as significâncias dos efeitos aleatórios dos modelos pelo teste da razão da verossimilhança (LRT) e estabelecida a análise de *deviance* (Resende, 2007).

Resultados e Discussão

A estimativa da acurácia seletiva no teste de progênies de erva-mate foi satisfatória (0,7036), uma vez que são desejáveis valores de acurácia superiores a 70% nos experimentos de melhoramento genético. Uma elevada acurácia significa elevada correlação entre o valor genotípico verdadeiro e aquele estimado ou predito a partir de informações de campo (Sturion e Resende, 2010).

Na análise de *deviance* foi observado efeito significativo de progênies pelo teste de LRT, a 95% de probabilidade. A partir destes resultados, pode-se inferir que existem diferenças quanto à produção de biomassa comercial entre as progênies estudadas, com possibilidades de ganhos com a seleção.

A estimativa da variância ambiental (4,8912) foi de elevada magnitude, sendo quase cinco vezes superior à variância genética aditiva (1,0166). Assim, a maior parte da variância fenotípica (6,8749) foi explicada pela variância ambiental. Entretanto, como se trata de progênies de polinização aberta e análise em um único ambiente, observa-se que a variância ambiental está inflacionada pelas variâncias de dominância, epistática e interação genótipos por ambientes (Vencovsky e Barriga, 1992).

Um baixo valor de variância genética aditiva normalmente está associado à população de baixa variabilidade genética e/ou limitado tamanho amostral (Sturion e Resende, 2010); no presente estudo, pode ser também consequência do maior grau de melhoramento da maior parte das progênies avaliadas. Esse aspecto refletiu também na baixa magnitude da herdabilidade no sentido restrito (0,1479), sendo essa diferente de zero de acordo com intervalo de confiança ($\pm 0,0687$). A herdabilidade no sentido restrito é útil na seleção de árvores matrizes para coleta de sementes melhoradas, uma vez que considera apenas a variância genética aditiva, ou seja, aquela que é fixada pela seleção (Ramalho et al., 2021). O valor da herdabilidade na média de progênies (0,4950), conforme esperado, foi superior ao valor da herdabilidade no sentido restrito.

O teste de progênies estudado tem como finalidade a seleção de plantas genitoras para uso em futuros cruzamentos, com foco na obtenção de sementes melhoradas e avanço de geração, bem como também selecionar árvores elites candidatas à clonagem para compor futuros testes clonais a serem estabelecidos em ambientes contrastantes e recomendação futura de novas cultivares. Quando a finalidade for a seleção de genitores, as melhores árvores devem ser escolhidas com base nos seus valores genéticos aditivos ($u+a$) (Sturion e Resende, 2010). No caso do ranqueamento de candidatos a clones, a seleção das melhores árvores deve ser baseada no valor genotípico ($u+g$), para que haja maximização do ganho genético (Sturion e Resende, 2010).

A média melhorada das 10 melhores árvores (intensidade de seleção de 1%), quanto aos valores genéticos aditivos ($u+a = 6,2759$ a $8,2638$), proporcionou um ganho genético de 43,32% em relação à média da população original (Tabela 1). Já a média da população melhorada das 10 melhores árvores quanto aos valores genotípicos ($u+g = 6,7919$ a $10,2831$) proporcionará um ganho superior (65,34%), uma vez que toda variância genética é capitalizada na seleção de

clones. Os elevados valores de ganhos genéticos podem ser explicados também pela alta intensidade de seleção aplicada.

Tabela 1. Ranqueamentos das árvores superiores quanto ao caráter biomassa comercial (kg planta⁻¹) de *Ilex paraguariensis*, com base nos valores genéticos aditivos (u+a) e nos valores genotípicos (u+g).

Seleção de genitores com base nos valores genéticos aditivos (BLUPs)					
Classificação	Repetição	Progênie	Árvore	u+a	Geração de melhoramento
1	2	26	2	8,2638	2 ^a
2	6	41	2	8,1017	2 ^a
3	1	51	1	7,9903	2 ^a
4	5	22	3	7,6939	2 ^a
5	9	62	1	7,0586	1 ^a
6	7	41	1	6,8846	2 ^a
7	4	14	1	6,7622	3 ^a
8	1	41	3	6,4474	2 ^a
9	2	22	2	6,3649	2 ^a
10	1	22	1	6,2759	2 ^a
Seleção de clones com base nos valores genotípicos (BLUPs)					
Classificação	Repetição	Progênie	Árvore	u+g	Geração de melhoramento
1	2	26	2	10,2831	2 ^a
2	1	51	1	9,8141	2 ^a
3	6	41	2	9,665	2 ^a
4	5	22	3	8,8903	2 ^a
5	9	62	1	8,1191	1 ^a
6	4	14	1	7,762	3 ^a
7	7	41	1	7,6366	2 ^a
8	5	18	1	6,9529	2 ^a
9	1	41	3	6,9079	2 ^a
10	10	18	1	6,7919	2 ^a

Nota-se que dentre as 10 melhores árvores selecionadas com base nos BLUPs, oito delas são comuns, tanto na seleção com base no valor genético aditivo quanto no valor genotípico. Em ambos os casos, oito árvores são oriundas de segunda geração de melhoramento, uma de primeira geração e uma de terceira geração. Neste trabalho foram avaliados materiais genéticos de diferentes gerações de melhoramento de forma a melhor aproveitar o germoplasma. Entretanto, em experimentos futuros, será usado germoplasma de mesma geração em cada teste, de forma a maximizar os ganhos a serem obtidos com as sementes melhoradas.

Conclusão

O desempenho das progênies de erva-mate foi satisfatório e permite ganhos com a seleção de árvores superiores, seja de genitores para recombinação futura e, conseqüente avanço de geração, ou para clonagem. Os candidatos a clones serão avaliados em maior número de ambientes de forma a aferir seu mérito genético, com possibilidade de geração de futuras cultivares.

Agradecimento

Agradecemos à Embrapa Florestas pelo apoio logístico e ao produtor parceiro que possibilitou a realização do presente experimento. À CAPES e CNPq pela concessão de bolsas de estudos.

Referências Bibliográficas

- BRACESCO, N. *Ilex paraguariensis* as a healthy food supplement for the future world. Biomedical Journal of Scientific & Technical Research, v. 16, n. 1, p. 15-18, 2019.
- BRACESCO, N.; SANCHEZ, A. G.; CONTRERAS, V.; MENINI, T.; GUGLIUCCI, A. Recent advances on *Ilex paraguariensis* research: Minireview. Journal of Ethnopharmacology, v. 136, n. 3, p. 378-384, 2011.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2013, v. 1. 1039 p.
- COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; MARTINZ, D., T.; ROEL, A. R.; RODRIGUES, N. B.; CONTINI, A. Z. Parâmetros genéticos e seleção de procedências e progênies de erva-mate nativa no estado de Mato Grosso do Sul. Revista de Agricultura, v. 87, n. 3, p. 202 -211, 2012.
- IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola Municipal. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 20/07/2023.
- PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C. R. Erva 20: Sistema de produção da erva-mate. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 152 p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A. de; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. de. Genética na Agropecuária. 6. ed. Lavras, MG: Editora UFLA, 2021. 508 p.
- RESENDE, M. D. V. de. SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359 p.
- RESENDE, M. D. V. de. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v. 16, p. 330-339, 2016.
- RESENDE, M. D. V de; STURION, J. A.; MENDES, S. Genética e Melhoramento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill). Colombo, PR: EMBRAPA-CNPq, 1995. 33 p. (Documentos 25).
- SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BARROS, N. F. D.; ALMEIDA, I. C. D.; SIMIQUELI, G. F.; NEVES, J. C. L.; REISSMANN, C. B. Adubação nitrogenada e intervalos de colheita na produtividade e nutrição da erva-mate e em frações de carbono e nitrogênio do solo. Ciência Florestal, v. 29, n. 3, p. 1199-1214, 2019.
- STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. Melhoramento genético da erva-mate. Colombo: Embrapa Florestas, v. 1. 274 p. 2010.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.
- WENDLING, I. Melhoramento de erva-mate: perspectivas. Anais do Seminário Erva-mate XXI: modernização no cultivo e diversificação do uso da erva-mate. Curitiba, PR: Embrapa Florestas, 2016. (Documento 298)
- WENDLING, I.; STURION, J. A.; REIS, C. A. F.; STUEPP, C. A.; PEÑA PEÑA, M. L. Indirect and expedite assessment of *Ilex paraguariensis* commercial yield. Revista Cerne, v. 22, n. 3, p. 241-248, 2016.