

**PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO
DA ERVA-MATE NO CENTRO NACIONAL DE PESQUISA
DE FLORESTAS DA EMBRAPA**

José Alfredo Sturion¹ e Marcos Deon Vilela de Resende²

RESUMO

O programa de melhoramento genético, conduzido pelo Centro Nacional de Pesquisa de Florestas - CNPF, visa suprir a carência de material propagativo melhorado de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), para várias regiões do Estado do Paraná. Para tanto, duas linhas básicas foram traçadas: 1) Produção de sementes melhoradas a longo prazo - foram coletadas, no primeiro trimestre de 95, sementes de 175 matrizes, oriundas de 8 procedências, que foram utilizadas para a instalação de testes combinados de procedência e progênie, visando a implantação de Pomares de Sementes. 2) Produção de sementes a curto prazo - o germoplasma disponível consiste de 36 progênies, com um total de 1.080 indivíduos de 4 procedências reunidos em um teste de progênie, implantado em Colombo, PR. Paralelamente, estudos básicos estão sendo desenvolvidos com o propósito de subsidiar o programa de melhoramento. Foi observada a proporção de 8 árvores masculinas para cinco femininas nas procedências Cascavel, Toledo e Campo Mourão, localizadas no Estado do Paraná. A procedência de Toledo produziu 70,9%, 45,5% e 6,0% a mais de massa foliar, respectivamente, que as de Soledade - RS, Cascavel e Campo Mourão. A herdabilidade no sentido restrito, ao nível de indivíduo, estimada para a procedência de Toledo, foi de 20%, revelando um baixo controle genético para massa foliar. A seleção baseada no índice multi-efeitos propicia 11% a mais de confiabilidade em relação à seleção individual no experimento, considerando a mesma intensidade de seleção. A seleção por meio do volume da copa proporcionou uma estimativa de ganho genético (58,4%) para massa foliar próxima daquela obtida pela

1 Eng.-Florestal, Doutor, CREA nº 47.263, Pesquisador da Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. Estrada da Ribeira, km 111, CEP: 83411-000; Caixa Postal 319; Colombo - PR; Fone: (041) 7661313; Fax: (041)7661276.

2 Eng.-Agrônomo, Mestre, CREA nº 50.602/D, Pesquisador da Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. Estrada da Ribeira, km 111, CEP: 83411-000; Caixa Postal 319; Colombo - PR; Fone: (041) 7661313; Fax: (041)7661276.

seleção direta dessa característica (59,5%). O tamanho ideal da parcela experimental para avaliação de progênies de erva-mate situa-se ao redor de seis plantas.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*, procedência, progênie, controle genético, herdabilidade, coeficiente de repetibilidade, acurácia, ganho genético, índice multi-efeito, método de seleção.

PROGRAM OF GENETIC IMPROVEMENT OF ERVA-MATE AT THE EMBRAPA - NATIONAL CENTER OF FORESTRY RESEARCH

ABSTRACT

The erva-mate's breeding program of the Embrapa - National Center of Forestry Research aims to produce improved propagules for several regions of Paraná State, Brazil. Two general strategies were developed: (1) long-term breeding program - based on progeny / provenance tests of 175 parents of eighth population for the establishment of seed orchards; (2) short-term breeding program - based on progeny / provenance test of 36 progenies of four provenances. The following basic informations were obtained: the sex ratio in Colombo - PR (for four provenances) is around eight male to five female; the Toledo - PR provenance performed 70.5, 45.5, and 6.0% better than Soledade - RS, Cascavel - PR e Campo Mourão - PR provenances in terms of leaf weight production; the narrow sense heritability at individual level, for leaf weight production, was around 20% for the Toledo provenance; the multi-effects index selection method was 11% more accurated than mass selection; the indirect genetic gain for leaf weight production, based on leaving crown volume, was of 58.4% and direct genetic gain was 59.5%; optimum plot size for progeny tests is around six plants.

Key Words: *Ilex paraguariensis*, provenance, progeny, genetic control, heritability, repeatiability coefficient, accuracy, genetic gain, individual selection, combined selection, index multi-effect, selection method.

1. INTRODUÇÃO

Embora o cultivo da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) constitua-se numa atividade de elevada importância sócio-econômica e ambiental para a Região Sul do País, com uma produção estimada de 210 mil toneladas (cancheada), e receita em torno de 150 milhões de reais, por ano (RODIGHERI et al., 1995), a exploração dessa cultura ainda é feita com base no extrativismo e baixo nível tecnológico (WINGE et al., 1996). Estima-se que 15 milhões de mudas sejam plantadas, por ano, na região Sul (CARPANEZZI et al., 1988), provavelmente produzidas com sementes de baixa qualidade genética e fisiológica, devido, em parte, a escassez de estudos de genética e melhoramento e de programas de produção de materiais propagativos melhorados (RESENDE et al., 1995). Como consequência, os plantios apresentam desenvolvimento heterogêneo, alta taxa de mortalidade e baixa produtividade, com reflexos negativos na qualidade do produto final. Segundo BELINGHERI & PRAT KRICUN (1992) 35% das plantas, ou menos, respondem por mais de 50% da produção de massa foliar em ervais produtivos.

Esses fatos levaram o Centro Nacional de Pesquisa de Florestas - CNPF a propor um projeto de melhoramento genético para a erva-mate, com os objetivos de gerar conhecimentos básicos para subsidiar programas eficientes de melhoramento e desenvolver material propagativo com alto potencial produtivo. Esse projeto, inicialmente voltado para o Estado do Paraná, encontra-se em fase inicial de implantação, com possibilidades de expansão para outras regiões.

2. ESTRATÉGIA DE AÇÃO PARA MELHORAMENTO GENÉTICO DA ERVA-MATE NO ÂMBITO DO CNPF

Os seguintes métodos são aplicáveis ao melhoramento genético da erva-mate: a) área de coleta de sementes (ACS); b) área de produção de sementes (APS); pomar de semente clonal (PSC); c) pomar de sementes biclonal (PSB); d) testes de progênie e seleção de parentais; e) jardim clonal e plantio clonal (PC). O método mais eficiente para aumentar a produtividade é a seleção de parentais com base em testes de progênie, ou a identificação de indivíduos superiores dentro do próprio teste, embora seja o mais trabalhoso e demorado (RESENDE et al., 1995). Este método pode ser adotado conjuntamente com outros mais rápidos (ACS e APS), visando gerar material melhorado a curto prazo. Os demais métodos podem ser classificados em

ordem decrescente de eficiência, com relação aos ganhos genéticos: PC, PSB, PSC, APS e ACS.

As ACS e APS são importantes no início de programas de melhoramento, ou quando há necessidade de produção de sementes melhoradas, de nível de qualidade não tão elevado, a curto prazo. A magnitude do progresso genético, obtido através desses métodos, está relacionada ao controle genético da característica sob seleção. Com respeito a isso, não foram detectados na literatura resultados sobre o controle genético de massa foliar ou de outras características como teor de cafeína ou de saponinas. Nesse sentido, torna-se necessário o estabelecimento de testes de progênie, para a produção de propágulos melhorados e realização de estudos básicos sobre o controle genético de características importantes para a seleção. Ressalte-se que o conhecimento da variabilidade genética de uma característica e o seu controle genético são de fundamental importância para o estabelecimento da estratégia de melhoramento e estimar o progresso genético.

As sementes produzidas em um teste de progênie visam, prioritariamente, atender uma região cujo aspectos ecológicos de clima e solo que este teste representa. Entretanto, estas sementes melhoradas geneticamente podem não ter o mesmo comportamento superior em outras regiões, devido a interação genótipo x ambiente. Nesse caso, duas estratégias devem ser analisadas: a) a seleção de genótipos superiores para um ambiente específico e b) a seleção de genótipos mais estáveis, para uma ampla diversidade de ambientes. Esta última estratégia leva, invariavelmente, em perdas de ganhos em relação àqueles possíveis de serem obtidos através da seleção de genótipos especializados em um determinado ambiente.

Com base nessas considerações, entende-se que um programa de melhoramento genético da erva-mate deva ter um caráter de desenvolvimento interinstitucional e esteja baseado, na estratégia de longo prazo, em testes combinados de procedência e progênie. Estes testes tem o propósito de ganhar tempo, já que os programas de melhoramento para espécies perenes demandam longos períodos. Para um eficiente programa de melhoramento, é necessário o estabelecimento de uma ampla rede de testes de progênie, nas distintas regiões ecológicas, contendo, basicamente, o mesmo material genético, para se obter inferências sobre genótipos especialistas e generalistas. Por sua vez, a seleção de genótipos superiores deve ser efetuada com base em valores genéticos dos candidatos à seleção.

Outro ponto importante reside na definição das características a serem consideradas no processo de seleção. Numa primeira etapa de um programa de melhoramento de erva-mate, a produção de massa foliar e a resistência às pragas e doenças são características prioritárias. Posteriormente, características relacionadas à qualidade de produtos devem ser consideradas, competindo ao empresário estabelecer os parâmetros, de acordo com as exigências do mercado consumidor. É importante ainda relatar que, quando n caracteres independentes são selecionados simultaneamente, o progresso genético em cada um deles irá corresponder a apenas $1/Vn$ daquele que seria obtido, caso fosse considerado cada caráter individualmente. Assim, deve-se priorizar os caracteres por ordem de importância e concentrar esforços em um ou poucos, deixando para trabalhar com os demais em fases posteriores. A possibilidade da obtenção de outros produtos derivados da erva-mate também pode ser explorada e, nesse sentido, o estabelecimento de testes combinados de procedência e progênie, poderá auxiliar na detecção de genótipos mais adequados.

3. MATERIAL GENÉTICO PARA O ESTABELECIMENTO DE TESTES COMBINADOS DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES

3.1) Produção de propágulos melhorados à longo prazo.

Para a realização do trabalho de produção de propágulos melhorados a longo prazo, foram coletadas sementes de 175 progênies oriundas de sete procedências de erva-mate, no período de janeiro à março de 1995 (Tabela 1). As mudas obtidas foram plantadas em delineamento de blocos ao acaso, variando de oito a dez repetições e parcelas lineares de seis plantas. Os espaçamentos utilizados foram de 1,80 m x 2,5 m à 3 m x 2 m, variando em função da área disponibilizada pelas empresas participantes do programa.

Tabela 1. Procedências de erva-mate coletadas para estabelecimento de teste de progênes.

PROCEDÊNCIAS	Nº DE ÁRVORES
Ivai - PR	25
Colombo - PR	26
Barão De Cotegipe - RS	21
Quedas De Iguaçu - PR	25
Pinhão - PR	25
Antonio Olinto - PR	21
Cascavel - PR	25
São Mateus Do Sul - PR	7

Esses testes de procedência e progênie, após a seleção dos melhores indivíduos, com base em seus valores genéticos, serão transformados em pomares de sementes por mudas.

3.2) Produção de propágulos melhorados à curto prazo.

O trabalho de produção de propágulos melhorados à curto prazo foi iniciado com 36 progênes reunidas em um teste combinado de procedência e progênie instalado em 1988 em Colombo -PR (Tabela 2).

Tabela 2. Teste de procedências e progênes de erva - mate, implantado em Colombo - PR.

PROCEDÊNCIA	Nº DE PROGÊNIES	Nº DE INDIVÍDUOS
Cascavel - PR	8	240
Toledo - PR	15	450
Campo Mourão - PR	8	240
Soledade - RS	5	150

Nesse teste, foram selecionados os trinta melhores indivíduos, dos quais foram coletadas estacas para a implantação de um teste clonal, composto de 14 clones, com o propósito de se obter estimativas de herdabilidade no sentido amplo e de selecionar clones para estabelecimento de um jardim clonal.

4. PESQUISA BÁSICA COM O PROPÓSITO DE SUBSIDIAR O PROGRAMA DE MELHORAMENTO

A seguir são apresentados os principais resultados obtidos com o propósito de subsidiar o programa de melhoramento genético da erva-mate, coordenado pelo CNPF:

a) Proporção de sexo e produtividade de massa foliar.

O conhecimento da biologia floral e do sistema reprodutivo de espécies dioicas são básicos para o delineamento de estratégias de melhoramento genético. A proporção de sexo nas populações pode indicar a existência de desequilíbrio e auxiliar na adoção de estratégias de conservação “in-situ” e no estabelecimento de áreas de produção e de pomares de sementes, especialmente na definição do número de árvores de cada sexo que deve ser mantido na área. Assim, a proporção de árvores masculinas e femininas foi examinada em um teste de procedência e progênie de erva-mate implantado em Colombo-PR. A proporção de oito árvores masculinas para cinco femininas, obtida aos cinco anos de idade, é válida para as procedências oriundas das regiões de Cascavel, Toledo e Campo Mourão.

O conhecimento da produtividade de massa foliar em cada sexo, também, constitui-se em característica importante para a definição do método mais apropriado de seleção de árvores. A massa foliar oriunda de árvores masculinas e femininas foi pesada, após a poda de um erval, no mês de setembro de 1994. As árvores femininas produziram, em média, aos cinco anos e oito meses de idade, 15% a mais de massa foliar que as masculinas. Isto sugere que seja testado maior número dessas árvores em experimentos, por meio de estaquia, com o propósito de identificar clones mais produtivos.

b) Estratégia de melhoramento genético baseada no coeficiente de repetibilidade.

O coeficiente de repetibilidade para produção de massa foliar, associado à propagação vegetativa, possibilita elaborar uma estratégia de melhoramento que, aplicada sobre o germoplasma disponível, permite ganhos genéticos rápidos quando comparados aos obtidos por estratégias baseadas em testes de progênies. O principal caráter a ser considerado na seleção, que é a produção de massa foliar, certamente apresenta variação contínua e herança quantitativa e a seleção visual tenderá a ser ineficiente. Portanto, recomenda-se a avaliação mediante observações repetidas, para se obter resposta mais aproximada de seu valor genotípico. Assim, determinou-se o número

de safras necessárias para avaliar, com precisão, o valor genotípico dos indivíduos, a partir de dados de produção de massa foliar de 3 (BOM, 1994) e 5 anos (BELINGHERI & PRAT KRICUN, 1992), consecutivos, em ervais plantados, respectivamente, em Quedas do Iguaçu - PR e Misiones - Argentina. As estimativas dos coeficientes de repetibilidade, ao nível de indivíduo, foram da ordem de 0,3 a 0,4. Com base nesses valores, são necessárias três safras para selecionar indivíduos com 80% da acurácia máxima possível.

c) Comparação da produtividade de massa foliar entre procedências de erva-mate.

A produção média de massa foliar foi obtida por pesagem de cada árvore, de quatro procedências de erva-mate, em um teste plantado em Colombo - PR (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação da produtividade de massa foliar de quatro procedências de erva-mate.

PROCEDÊNCIA	MASSA FOLIAR (kg/árvore)	ERRO PADRAO (kg/árvore)
Cascavel-PR	3,03	0,71
Toledo-PR	4,41	0,46
Campo Mourão-PR	4,16	0,67
Soledade-RS	2,58	1,21

A avaliação efetuada aos sete anos de idade, no experimento até então não podado, demonstrou que a procedência de Toledo produziu, em média, respectivamente, 70,9%, 45,5% e 6,0% a mais de massa foliar que Soledade, Cascavel e Campo Mourão, sendo a mais indicada para a região de Curitiba - PR.

d) Eficiências relativas dos métodos de seleção indicados para a erva-mate

Foram deduzidas fórmulas que indicam o número adequado de indivíduos por progênie e de medições (safras) para maximizar a acurácia seletiva e o ganho genético, associado a cinco métodos de seleção, para várias magnitudes do coeficiente de herdabilidade e de repetibilidade de massa foliar (Tabela 4).

Tabela 4. Comparação de métodos de seleção de acordo com a acurácia*.

Método de Seleção	Estimador da Acurácia	Estimativa da Acurácia
Seleção individual		
1 medição por indivíduo	$(h_r^2)^{\frac{1}{2}}$	0,45
2 medições por indivíduos	$\left(\frac{mh_r^2}{1+(m-1)r} \right)^{\frac{1}{2}}$	0,55
Seleção combinada		
1 medição por indivíduo	$\left[\frac{(1-r_g)^2 \frac{(n-1)}{n} + \frac{[1+(n-1)r_g]^2}{1+(n-1)r_g h_r^2}}{1} \right]^{\frac{1}{2}} h_r$	0,53
2 medições por indivíduos	$\left[\frac{(1-r_g)^2 \frac{(n-1)}{n} + \frac{[1+(n-1)r_g]^2}{1+(m-1)r+(n-1)m r_g h_r^2}}{m} \right]^{\frac{1}{2}} h_r$	0,62
Seleção de parentais		
1 medição por indivíduo	$\frac{1}{2} \left[\frac{mh_r^2}{1+(n-1)r_g h_r^2} \right]^{\frac{1}{2}}$	0,72
2 medições por indivíduos	$\frac{1}{2} \left[\frac{nmh_r^2}{1+(m-1)r+m(n-1)r_g h_r^2} \right]^{\frac{1}{2}}$	0,79
Seleção clonal-individual		
1 medição por indivíduo	$(h_a^2)^{\frac{1}{2}}$	0,50
2 medições por indivíduos	$\left[\frac{nh_a^2}{1+(m-1)r} \right]^{\frac{1}{2}}$	0,62
Testes clonais		
1 medição por indivíduo	$\left[\frac{nh_a^2}{1+(n-1)h_a^2} \right]^{\frac{1}{2}}$	0,93
2 medições por indivíduos	$\left[\frac{nmh_a^2}{1+(m-1)r+(n-1)mh_a^2} \right]^{\frac{1}{2}}$	0,96

*Considerou-se: herdabilidade no sentido restrito (h_r^2) = 0,20; herdabilidade no sentido amplo (h_a^2) = 0,25; repetibilidade (r) = 0,30; 20 indivíduos (n) por clone ou progênes de meios-irmãos.

Os métodos baseados em várias medições por indivíduo são superiores àqueles com apenas uma medição. Dentre as modalidades de seleção para propagação sexuada, o melhor método é a seleção de parentais com base em testes de suas progênes, seguido da seleção combinada e, por último, a seleção individual. Para herdabilidade no sentido restrito de 20%, a seleção individual, com duas medições por indivíduo, é superior à seleção combinada com uma medição. O método de seleção a partir de testes clonais é superior ao da seleção individual, quando o objetivo é a propagação vegetativa. Numa comparação geral, verifica-se superioridade dos métodos de seleção clonal a partir de testes clonais e seleção de parentais, sendo que o primeiro é superior. Embora apresentando precisões elevadas, estes métodos, em geral, permitem menor intensidade de seleção que os demais e, portanto, nem sempre os ganhos genéticos por estes métodos serão os maiores.

e) Seleção para produção de massa foliar em teste de progênie.

Verificou-se a magnitude da variabilidade genética em quinze progênes de meios-irmãos, cujas sementes foram coletadas de ervais nativos na região de Toledo, PR. O teste de progênie foi instalado no município de Colombo, PR em dezembro de 1988. Aos sete anos de idade, foram avaliados: o diâmetro da parte inferior da copa; altura e volume da copa e peso de massa foliar. A seleção por meio do índice multi-efeitos no experimento foi usada, com o propósito de transformar o experimento em pomar de sementes clonal. As herdabilidades para massa foliar, no sentido restrito, estimadas ao nível de plantas, foram de baixa magnitude. A acurácia para seleção individual, no experimento, foi de 0,44. Assim, a seleção com base no índice multi-efeitos (acurácia = 0,55) propicia 11% a mais de confiabilidade em relação à individual, considerando a mesma intensidade de seleção. A seleção por meio do volume proporcionou uma estimativa de ganho indireto para massa foliar de 58,4%, semelhante o obtido pela seleção direta que foi de (59,5%). Os valores obtidos para altura e diâmetro da copa revelaram-se ineficientes no processo de seleção, por subestimarem consideravelmente as possibilidades de ganho genético.

f) Enraizamento de estacas ao nível de árvores.

No programa de enraizamento de estacas foram selecionadas fenotipicamente, com base no volume de copa, 30 árvores de erva-mate, das proce-

dências de Toledo - PR, Campo Mourão - PR, Cascavel-PR e Soledade - RS. Das árvores selecionadas, foram retiradas estacas e colocadas para enraizamento conforme metodologia desenvolvida por GRAÇA et. al. (1988). Somente 27 das 30 árvores selecionadas forneceram estacas que emitiram raízes, sendo que o percentual de enraizamento variou de 1,1% a 60,1%, com uma média de 17,6% e um erro padrão de 3,2%. Isto demonstra que o aprimoramento das técnicas de enraizamento é fundamental para o êxito de programas de melhoramento genético dessa espécie, embasado em estratégias clonais.

g) Tamanho de parcela experimental e ganhos genéticos em erva-mate, sem a utilização de testes de progênies e clonais.

O programa de melhoramento genético da erva-mate conduzido pelo CNPF tem enfatizando, também, a seleção de plantas superiores em povoamentos comerciais, com o objetivo de explorar a variabilidade genética através da aplicação de altas intensidades de seleção e posterior teste de progênies, visando a confirmação da seleção de parentais e melhoramento contínuo das populações, por meio de seleção recorrente. Em um povoamento comercial de erva-mate, localizado no município de Bocaiúva do Sul - PR, plantado no espaçamento de 1,8m x 3,6m, foram obtidos dados para a estimativa de coeficientes de herdabilidade, de correlação genética e de ganhos genéticos associados à avaliação dos caracteres altura, diâmetro e volume da copa de 210 plantas, aos cinco anos de idade. Os parâmetros genéticos foram estimados de acordo com SHRIKHANDE (1957) e SAKAI & HATAKEYMA (1983).

As variâncias associadas às médias de parcelas de diferentes tamanhos demonstraram que parcelas de 6 plantas são adequadas para a avaliação, ao nível de médias (procedências e progênies). A presença de considerável variabilidade genética nesta população, associada ao baixo coeficiente de heterogeneidade ambiental conduziram a altas estimativas da herdabilidade no sentido amplo, ao nível de indivíduos. Estas herdabilidades foram de 70% para altura, 65% para diâmetro e 80% para volume da copa, sendo que este último caráter é um dos mais adequados para seleção. Os coeficientes de correlação genética entre os três caracteres revelaram uma baixa associação genética entre a altura e o diâmetro da copa (0,36). Embora a correlação genética entre o diâmetro e o volume da copa tenha sido alta (0,91), a sele-

ção para aumentar o volume não deve ser baseada apenas no diâmetro. Os ganhos genéticos estimados com a seleção de clones, demonstraram o grande potencial de melhoramento da população. Com herdabilidade próxima de 80% e aplicando uma alta intensidade de seleção (5% ou menos), os ganhos genéticos poderão ser superiores a 100%, visando a seleção de indivíduos para plantios clonais.

5. RECOMENDAÇÕES

Os trabalhos conduzidos no CNPF, para melhoramento genético da erva-mate, permitem as seguintes recomendações:

- A instalação de testes combinados de procedência e progênie, com o propósito de transformá-los em pomares de sementes por mudas, constitui-se na melhor alternativa para a produção de sementes melhoradas de erva-mate, considerando estimativas de herdabilidade, no sentido restrito, de 20% para massa foliar;
- A seleção de parentais com base em testes de suas progênies é mais precisa que a seleção combinada e a seleção individual no caso de propagação sexuada;
- A seleção a partir de testes clonais é superior à seleção individual no caso de propagação vegetativa;
- São necessárias três safras para selecionar indivíduos com 80% da acurácia máxima possível;
- A seleção para massa foliar, efetuada por meio de volume de copa, provoca uma alteração na ordem das árvores selecionadas. Porém, os indivíduos selecionados serão basicamente os mesmos; e
- O tamanho ideal da parcela experimental para avaliação de progênies de erva-mate é de seis plantas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELINGHERI, L. D.; PRAT KRICUN, S. D. Selección de plantas. In: CURSO DE CAPACITACION EN PRODUCCION DE YERBA MATE, 1., 1992. Cerro Azul. **Resúmenes Técnicos**. Cerro Azul: INTA. Estacion Experimental Agropecuária Cerro Azul, 1992. p. 17-21.
- BOM, R. P. **Avaliação de massa foliar em povoamento comercial de erva-mate**. Giacomel-Marodin Indústria de Madeira, 1994. Ficha de Campo.

- CARPANEZZI, A.A.; ZANON, A.; IEDE, E.T.; STURION, J.A.; GRAÇA, M.E.C.; LOURENÇO, R.S. Diretrizes de pesquisa aplicada para plantios de erva-mate no Brasil. In: CONGRESSO FLORESTAL DO PARANÁ, 2., 1988, Curitiba. Resumos. Curitiba: Instituto Florestal do Paraná, 1988. p.59.
- GRAÇA, M. E. C.; COOPER, M. A.; TAVARES, F. R.; CARPANEZZI, A. A. Estaquia de erva-mate. Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1988. 6p. (EMBRAPA-CNPQ. Circular Técnica, 18).
- RESENDE, M. D. V. de; STURION, J. A.; MENDES, S. Genética e melhoramento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). Colombo: EMBRAPA - CNPQ, 1995. 33p. (EMBRAPA - CNPQ. Documentos, 25).
- RODIGHERI, H. R. ; NETO, L. S. ; CICHACZEWSKI, I. F. **Custos, produtividade e renda da erva-mate cultivada na região de Guapuva, PR**. Curitiba: Embrapa-CNPQ, 1995. 22p. (Embrapa-CNPQ. Circular Técnica n. 24).
- SAKAI, K. I.; HATAKEYAMA, S. Estimation of genetic parameters in forest trees without raising progenies. **Silvae Genetica**, v. 12, p. 1952-7, 1963.
- SHRIKHANDE, V. J. Some considerations in designing experiments on coconut trees. **Journal of Indian Society of Statistics**, v. 1, p. 82-98, 1957.
- WINGE, H. ; DA GROCE, D. M. ; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Diagnóstico e perspectivas da erva-mate no Brasil**. Chapecó: EPAGRI/UFRRS/ EMATER-PR, 1996. 27p.