

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Melhoramento Genético da Erva-Mate

*José Alfredo Sturion
Marcos Deon Vilela de Resende*

*Embrapa Florestas
Colombo, PR
2010*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, Km 111, Guaraituba,
83411 000 - Colombo, PR - Brasil
Caixa Postal: 319
Fone/Fax: (41) 3675 5600
Home page: www.cnpf.embrapa.br
E-mail: sac@cnpf.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade
Presidente: Patrícia Póvoa de Mattos
Secretária-Executiva: Elisabete Marques Oaida
Membros: Antonio Aparecido Carpanezzi, Cristiane Vieira Helm,
Dalva Luiz de Queiroz, Elenice Fritzsos, Jorge Ribaski,
José Alfredo Sturion, Marilice Cordeiro Garrastazu, Sérgio Gaiad

Supervisão editorial: Patrícia Póvoa de Mattos
Revisão de texto: Mauro Marcelo Berté
Normalização bibliográfica: Elizabeth Câmara Trevisan
Editoração eletrônica: Mauro Marcelo Berté
Foto da capa: José Alfredo Sturion

1a edição
1a impressão (2010): 500 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Florestas

Sturion, José Alfredo.
Melhoramento genético da erva-mate / José Alfredo Sturion, Marcos Deon Vilela de Resende. – Colombo : Embrapa Florestas, 2010.
274 p.

ISBN 978-85-89281-32-4

1. *Ilex paraguariensis*. 2. Mate - Melhoramento genético. 3. Teste de progênie.
4. Controle genético. 5. Propagação vegetativa. 6. Muda - Produção. I. Título. II.
Resende, Marcos Deon Vilela de.

CDD 634.97385 (21. ed.)

© Embrapa 2010

Pela cessão de área física, colaboração na instalação, condução e avaliação dos testes combinados de procedência e progênie de erva-mate, os autores agradecem: Engenheiro Agrônomo Dalnei Dalzoto Neiverth e Sr. Afonso Oliszeski, da Neiverth & Cia. Ltda. de Ivaí , PR; Sr. Antônio Fagundes Schier da Erva-Mate Schier Indústria e Comércio Ltda. de Guarapuava, PR; Engenheiro Agrônomo Ângelo Luíz Ulbrich da Agronomia e Planejamento Agrário Ltda (ALU), de Rio Azul, PR; Engenheiros Florestais Dorli Mário da Croce e Paulo Alfonso Floss da Epagri de Chapecó, SC. Deferência especial aos Engenheiros Dorli Mário da Croce, Dalnei Dalzoto Neiverth e ao Sr. Afonso Oliszeski, que muito contribuíram para o desenvolvimento da cultura da erva-mate.

Apresentação

O presente livro é, sobretudo, uma obra de síntese. Nele estão consubstanciados a experiência e os resultados de mais de quinze anos de pesquisa dos autores em melhoramento da erva-mate. Em seus 16 capítulos são apresentados e discutidos, entre outros: estratégias para melhoramento genético dessa espécie; fatores biológicos e ambientais relevantes para o seu melhoramento; delineamentos de cruzamentos, métodos de seleção e sistemas de propagação. Apresenta, também, resultados sobre o controle genético da produção e qualidade da biomassa produzida, bem como fundamentos para a conservação genética de seu germoplasma. Na estruturação desse livro os autores procuraram se aproximar do que julgaram de proveito para o ensino, pesquisa e extensão. Não se teve em mente uma classe particular de leitores, mas tentou-se fazê-lo útil a uma ampla classe de usuários. Sua leitura é de fundamental importância para todos aqueles que desejam produzir e disponibilizar material melhorado com vistas à implantação de ervais com produtividade e qualidade comprovadamente superiores.

Helton Damin da Silva
Chefe-Geral da Embrapa Florestas

Sumário

1. Recursos genéticos da erva-mate	15
1.1 Distribuição natural e variabilidade genética	16
1.2 Coleções de germoplasma: amostragem, preservação e conservação	20
2. Programas de melhoramento genético da erva-mate	27
3. Fatores ambientais e melhoramento da erva-mate	31
3.1 Clima e regiões bioclimáticas com aptidão para o crescimento da erva-mate	32
3.2 Solos e elementos de nutrição mineral em erva-mate	41
3.3 Caracterização dos ambientes dos locais de experimentação com erva-mate	49
3.3.1 Caracterização detalhada dos solos e climas dos locais de experimentação no Paraná	51
4. Fatores biológicos fundamentais ao melhoramento genético	55
4.1 Biologia floral e sistema reprodutivo	55
4.2 Caracteres de interesse econômico	58
4.3 Germoplasma-base para seleção	59

5. Estratégias de melhoramento	61
5.1 Esquema geral de um programa de melhoramento genético	61
5.2 Eficiência na seleção e acurácia	64
5.3 Interação genótipo x ambiente, estabilidade, adaptabilidade e zonas de melhoramento	66
5.4 Estratégias para o melhoramento genético da erva-mate	67
5.4.1 Seleção de populações	68
5.4.2 Maximização do ganho genético	70
5.4.3 Intensidade ótima de seleção	71
5.4.4 Utilização de reprodutoras	74
5.4.5 Maximização da acurácia seletiva	77
5.4.6 Estrutura de populações	80
5.5 Potencial do melhoramento genético da erva-mate e recomendações	84
5.6 Estratégia simples de melhoramento baseada no coeficiente de repetibilidade	85
6. Delineamentos de cruzamento e hibridação	95
6.1 Comparação entre delineamentos de cruzamento, métodos de seleção e sistemas de propagação	97
7. A experimentação no melhoramento genético da erva-mate	103
7.1 Número de repetições e de indivíduos	103
7.2 Eficiência do delineamento experimental e capacidade de teste	109

8. Métodos de seleção	115
8.1 Seleção a partir de povoamentos e populações naturais	115
8.2 Seleção a partir de testes de progênies	117
8.3 Seleção de genitores	120
8.4 Seleção clonal	121
8.4.1 Seleção clonal com base na repetibilidade individual	121
8.4.2 Seleção a partir de testes clonais	122
8.5 Eficiências relativas dos métodos de seleção	123
8.6 Avaliação genética empregando-se modelos lineares mistos por meio do software Selegen – Reml/Blup	126
8.7 Uso da análise espacial na avaliação genética em erva-mate	131
9. Produção de propágulos melhorados	141
9.1 Áreas de coleta de sementes (ACS)	141
9.2 Áreas de produção de sementes (APS)	142
9.3 Pomares de sementes clonais (PSC)	144
9.4 Pomares de sementes biparentais ou biclonais	145
9.5 Jardins clonais e plantios clonais	146
9.6 Testes de progênies e seleção de genitores (pomar de sementes por mudas)	146
9.7 Comparação entre os métodos de produção de propágulos melhorados	159
10. Controle genético de caracteres e parâmetros genéticos populacionais (herdabilidade, repetibilidade e correlação genética)	161

11. Resultados práticos do programa de melhoramento de erva-mate da <i>Embrapa Florestas</i>	181
11.1 Avaliação genética de clones em Colombo, PR	181
11.2 Avaliação genética de indivíduos e populações em testes de procedências e progênies em Colombo, PR	183
11.3 Avaliação de populações e indivíduos em dois tipos de solo de Ponta Grossa, PR	185
11.4 Avaliação genética de populações e indivíduos em Ivaí, PR, Rio Azul, PR, e Guarapuava, PR	188
11.5 Avaliação global do programa de melhoramento	192
12. Controle genético de características químicas da folha da erva-mate	195
13. Conservação genética da erva-mate	203
13.1 Genética de populações e conservação biológica	203
13.2 Tamanho efetivo populacional (N_e) e deriva genética	205
13.2.1 Expressões para cálculo do N_e em espécies dióicas	205
13.2.2 N_e e probabilidade de extinção	208
13.2.3 Estratégias para aumento do N_e e manutenção da variação genética	209
13.2.4 Proporção N_e/N em populações silvestres	211
13.2.5 Valores de N_e adequados à conservação genética	211
13.3 Depressão endogâmica em populações silvestres e populações florestais	213
13.4 Polimorfismo e variação genética	214
13.5 Mutação e carga genética	216

13.6 Migração e fluxo gênico	219
13.7 Subdivisão e estrutura de populações	220
13.8 Seleção	224
13.9 Recomendações para a conservação genética da erva-mate	225
14. Mecanismos de resistência e tolerância às pragas e doenças da erva-mate	227
14.1 Pragas	227
14.1.1 Broca-da-erva-mate (<i>Hedypathes betulinus</i>)	228
14.1.2 Lagarta-da-erva-mate (<i>Thelosia camina</i>)	229
14.1.3 Ampola-da-erva-mate (<i>Gyropsylla spegazziniana</i>)	230
14.1.4 Lagarta-do-cartucho-de-seda (<i>Hylesia sp.</i>)	232
14.1.5 Cochonilha-de-cera (<i>Ceroplastes grandis</i>)	232
14.1.6 Broca-dos-ponteiros-da-erva-mate (<i>Isomerida picticollis</i>)	233
14.1.7 Ácaros	234
14.2 Doenças	234
14.2.1 Tombamento ou “ <i>damping off</i> ”	235
14.2.2 Mancha-da-folha ou pinta-preta	236
14.2.3 Antracnose	237
14.2.4 Podridão das raízes	237
14.2.5 Cercosporiose	237
14.2.6 Nematoides	238
14.2.7 Fumagina	238
14.2.8 Fuligem	239

14.2.9 Podridão do tronco	239
14.2.10 Queda de folhas	239
15. Métodos de propagação vegetativa	241
15.1 Estaquia e cultivo <i>in vitro</i>	241
15.2 Enxertia	242
15.3 Minestaquia	245
16. Produção de mudas seminais	247
16.1 Coleta dos frutos	247
16.2 Separação das sementes	251
16.3 Estratificação das sementes	251
16.4 Preparo das mudas	252
16.5 Repicagem	254
16.6 Viveiros com formação de mudas em tubetes	255
16.7 Rustificação das mudas	256
16.8 Época de plantio e replantio das mudas	256
16.9 Proteção das mudas	257
Referências	259

1 Recursos genéticos da erva-mate

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.) é uma espécie arbórea de grande importância econômica, ambiental, social e cultural para regiões do Brasil, Argentina e Paraguai. Integra um dos mais tradicionais sistemas agroflorestais do Brasil, sendo uma das espécies que concorre para a manutenção do pequeno produtor no meio rural. No Brasil, é explorada economicamente, em cerca de 486 municípios dos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul, englobando cerca de 180 mil propriedades rurais, a maioria familiares, congregando cerca de 725 empresas processadoras e mais de 710 mil trabalhadores, com uma produção industrializada anual de, aproximadamente, 700 mil toneladas por ano (DA CROCE; FLOSS, 1999). Apresenta um mercado potencial que ultrapassa o seu uso como bebida; a área dos fármacos é um deles (WINGE et al., 1996).

A ocorrência natural da erva-mate abrange os estados de Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e também a região nordeste da Argentina e grande parte do Paraguai. Dentro da área de dispersão natural, a erva-mate encontra-se associada às matas com ocorrência de pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), sendo que no Mato Grosso do Sul é encontrada em área de vegetação natural do tipo Cerrado. Na Argentina e Paraguai, a erva-mate ocorre, principalmente, nos sub-bosques das matas do Rio Paraná e afluentes, onde a araucária não é encontrada (OLIVEIRA; ROTTA, 1983).

Seu cultivo é realizado por empresas ervateiras e também por pequenos produtores que visam ao consumo próprio e comercialização da produção excedente. Em função do desmatamento, expansão da fronteira agrícola ou do aumento do consumo, a erva-mate está sendo plantada em cultivos homogêneos puros ou em associação. Estima-se que mais de 15 milhões de mudas de erva-mate são produzidas anualmente, com sementes oriundas, em sua maioria, de ervais nativos ou implantados, sem qualquer critério de seleção.