

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MULTIPLICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ERVA-MATE PELO
PROCESSO DE ESTAQUIA

SANDRA REGINA FURINI DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, maio de 2011.

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MULTIPLICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ERVA-MATE PELO
PROCESSO DE ESTAQUIA**

SANDRA REGINA FURINI DOS SANTOS

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Augusto Nienow

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, maio de 2011.

Dedico....

Aos meus pais Benito e Luci Furini, pelos

exemplos de vida e de conquistas;

Ao meu amado esposo Anilton, pela

confiança e carinho;

Em especial a meu filho Lucas,

por ser minha inspiração e motivação.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – UPF, através do programa de Pós-Graduação em Agronomia, que possibilitou a realização deste curso.

Aos professores e funcionários do PPGAgro pela amizade.

Ao professor Dr. Alexandre Augusto Nienow, pela orientação, dedicação e profissionalismo demonstrado ao longo de todo o curso.

À Cooperativa Camol, nas pessoas do Sr. Altair Ruffato e Sra. Selia Regina Felizari, pelo apoio ao projeto de pesquisa, e claro, pelo bom chimarrão.

Ao Eng. Agr. Ilvandro Barreto, da Emater/RS, e ao Técnico Agrícola Clairton da Fonseca, pelo importante auxílio na seleção dos genótipos de erva-mate e coleta do material, no município de Machadinho, RS.

À minha querida amiga Taciane Kunst Barosky, por ter dividido ao longo desta caminhada momentos de felicidades e até algumas frustrações, horas e horas de estrada semanalmente e, principalmente, por sempre ter sido esta pessoa tão especial em minha vida.

Aos amigos queridos Marcoandre Savaris e Silvana Lampert, pelo apoio e moradia quando mais precisei.

Ao amigo Cristiano R. Lajus, pelo incentivo e indicação deste curso.

Aos amigos e estudantes Lucas Zerbielli (bolsista Pibic-UPF) e Maurício Bonafé (bolsista Fapergs) pela grande ajuda à campo e no trabalho de estaquia.

Ao meu filho Lucas Elias dos Santos, por me dar apoio, mesmo sabendo que para isso teria que me ausentar várias vezes.

Ao meu maravilhoso esposo Anilton Elias dos Santos, que sempre acreditou e apoiou minhas escolhas.

À Deus pela vida, saúde e força.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMO	1
ABSTRACT	3
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1 Importância econômica, social e ambiental da erva- mate	8
2.2 Histórico da erva-mate.....	11
2.3 Distribuição geográfica e ocorrência.....	12
2.4 Taxonomia e descrição botânica.....	13
2.5 Propagação da erva-mate.....	15
2.5.1 Propagação por semente.....	15
2.5.2 Propagação vegetativa.....	17
2.5.2.1 Fatores que afetam o enraizamento.....	19
2.5.2.1.1 Fatores internos.....	19
2.5.2.1.2 Fatores externos	23
2.5.2.2 Potencial de propagação da erva-mate por estaquia.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 Experimento I - Estaquia de genótipos de erva-mate na primavera/verão, com e sem aplicação de AIB.....	39
4.2 Experimento II - Estaquia de genótipos de erva-mate no outono/inverno, com e sem aplicação de AIB.....	53
5 CONCLUSÕES	68
CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
REFERÊNCIAS	70
APÊNDICES	80

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Estado sanitário, nível de sobreamento, gênero e características das folhas de 16 genótipos de erva-mate amostrados nos municípios de Machadinho e Ilópolis, RS.....	34
2	Porcentagem de estacas vivas e de retenção de folhas em 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L ⁻¹ de AIB, em estaquia na primavera/verão. Passo Fundo, RS.....	41
3	Porcentagem média (média de sem e com AIB) de estacas vivas de 16 genótipos de erva-mate, avaliadas em diferentes dias após a estaquia na primavera/verão. Passo Fundo, RS.....	42
4	Porcentagem média (média de sem e com AIB) de retenção de folhas de 16 genótipos de erva-mate, avaliadas em diferentes dias após a estaquia na primavera/verão. Passo Fundo, RS.....	45
5	Porcentagem de estacas brotadas de 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L ⁻¹ de AIB, em estaquia na primavera/verão. Passo Fundo, RS.....	46
6	Porcentagem de estacas enraizadas e com calo em 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L ⁻¹ de AIB, em estaquia na primavera/verão. Passo Fundo, RS.....	47
7	Comprimento da maior raiz, massa fresca e seca de raízes de 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L ⁻¹ de AIB, em estaquia na primavera/verão. Passo Fundo, RS.....	52

8	Porcentagem de estacas vivas e de retenção de folhas em 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L ⁻¹ de AIB, em estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS.....	54
9	Porcentagem de estacas vivas de 16 genótipos de erva-mate, sem AIB, avaliadas em diferentes dias após a estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS.	56
10	Porcentagem de estacas vivas de 16 genótipos de erva-mate, com 6.000 mg L ⁻¹ de AIB, avaliadas em diferentes dias após a estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS.....	57
11	Porcentagem média (média de sem e com AIB) de retenção de folhas de 16 genótipos de erva-mate, avaliadas em diferentes dias após a estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS.....	59
12	Porcentagem de estacas brotadas de 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L ⁻¹ de AIB, em estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS.....	60
13	Porcentagem de estacas enraizadas e com calos em 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L ⁻¹ de AIB, em estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS.....	62
14	Comprimento da maior raiz de 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L ⁻¹ de AIB, em estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS.....	65
15	Massa fresca e seca de raízes de estacas de 16 genótipos de erva-mate, tratados sem e com 6.000 mg L ⁻¹ de AIB, em estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Genótipos de erva-mate selecionados em Machadinho, RS: genótipo 1 (plantas multiplicadas por enxertia da planta mãe) (A), genótipo 2 (B), genótipo 3 (C), genótipo 8 (D), erval nativo onde foram selecionados os genótipos 4, 5, 6, 7 e 8 (E e F).....	31
2	Genótipos de erva-mate selecionados em Machadinho, RS: genótipo 9 (A), genótipo 10 (B), genótipo 11 (C), genótipo 12 (D), detalhe da coloração das folhas do genótipo 12 (E).....	32
3	Genótipos de erva-mate selecionados em Ilópolis, RS: genótipo 13 (A), genótipo 14 (B), genótipo 15 (C), genótipo 16 (D), danos e eliminação total da área foliar com facão (E), danos ao tronco por implementos agrícolas (F).....	33
4	Variação fenotípica das folhas de 16 genótipos de erva-mate coletados nos municípios de Machadinho e Ilópolis, RS.....	35
5	Ramos de erva-mate para coleta das estacas (A); estacas padronizadas (B); bandejas com substrato e estacas após enterrio (C).....	38
6	Estacas de erva-mate mortas (A); queda de folhas (B); estacas brotadas (C); enraizadas (D); e com calo (E).....	50

MULTIPLICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ERVA-MATE PELO PROCESSO DE ESTAQUIA

SANDRA REGINA FURINI DOS SANTOS¹

RESUMO - A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) é comercialmente multiplicada por sementes, gerando elevada variabilidade genética e conseqüente desuniformidade de plantas. A alternativa para definir um padrão genético é a propagação vegetativa. A pesquisa teve por objetivos multiplicar genótipos nativos de erva-mate e avaliar o potencial de enraizamento na propagação por estaquia. O trabalho foi conduzido no Setor de Horticultura da FAMV/UPF, em Passo Fundo, RS, em estufa dotada de sistema de nebulização. Nos municípios de Machadinho e Ilópolis, RS, foram selecionados, pelas boas características, 16 genótipos. As estacas foram padronizadas com 12 cm, mantendo um par de folhas cortadas pela metade e eliminando o ápice. A estaquia foi realizada em novembro (primavera/verão e estacas herbáceas) e em março (outono/inverno e estacas semilenhosas), permanecendo durante 95 dias no leito de enraizamento. As estacas foram tratadas por 10 segundos com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, comparando com não tratadas. O delineamento foi em blocos casualizados, no esquema fatorial 2 x 16, com quatro repetições e 12 estacas por parcela, sendo cada época considerada um experimento. Os resultados demonstraram que a

¹ Bióloga, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (ppgAgro), Área de Concentração em Produção Vegetal, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF).

capacidade de enraizamento varia entre genótipos e depende da época de estaquia, sendo que, de modo geral, quando realizada na primavera/verão possibilita melhores resultados que no outono/inverno. O uso do AIB se mostra efetivo na indução e formação de raízes, ou não prejudica, sendo recomendado. Realizada a estaquia na primavera/verão e tratando com AIB, os genótipos 1, 2, 6, 8, 11, 12 e 15 (Cambona 4) apresentam maior enraizamento (46,7% a 63,6%). Para os genótipos 15 (Cambona 4) e 16, com AIB, é viável a estaquia no outono/inverno, com enraizamento de 63,7% e 61,1%, respectivamente. A capacidade dos genótipos reterem as folhas mantidas nas estacas influencia positivamente na sobrevivência e no enraizamento.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis* St. Hil., propagação vegetativa, estacas, enraizamento, ácido indolbutírico, AIB.

MULTIPLICATION OF ERVA-MATE GENOTYPES BY THE CUTTINGS PROPAGATION

ABSTRACT – Commercially, erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) is multiplied by seeds, generating high genetic variability and consequently disuniform plants. The alternative to define a genetic pattern is through the vegetative propagation. The objectives of this research were to multiplication of native erva-mate genotypes and to evaluate the rooting potential in cuttings. This paper was carried out in the Horticulture Sector from FAMV/UPF, in Passo Fundo, RS, in a misting system greenhouse. In the cities of Machadinho and Ilópolis, RS, 16 genotypes were selected by their good characteristics. Cuttings were patterned with 12 cm, a pair of leaves was kept by half and the top was eliminated. Cuttings was accomplished in November (spring/summer and herbal stakes) and in March (fall/winter and semi woody stakes), during 95 days in the rooting bed. The cuttings were nurtured by 10 seconds with 6.000 mg L⁻¹ of IBA, compared to the non-nurtured ones. The design was in randomized blocks, in factorial scheme 2 x 16, with four replications and 12 cuttings per plot, being considered each time an experiment. The results showed that the rooting capacity varies among genotypes and that it depends on the cutting time, therefore, in general, when it is accomplished in spring/summer it provides better results than in fall/winter. It was recommended using IBA as being effective in persuading and forming roots. Cutting carried out in the spring/summer and treated with IBA, the genotypes 1, 2, 6, 8, 11, 12 and 15 (Cambona 4) showed a higher rooting (46,7% to 63,6%). For the genotypes 15 (Cambona 4) and 16, with IBA, it is feasible the cutting propagation in the fall/winter, with

rooting of 63,7% and 61,1%, respectively. The genotypes capacity to keep the leaves from stakes positively influences in its survival and rooting.

Key words: *Ilex paraguariensis* St. Hil., vegetative propagation, cuttings, rooting, acid indolbutiric, IBA.

1 INTRODUÇÃO

A erva-mate é uma espécie nativa da América do Sul, com ocorrência no sul do Brasil, leste do Paraguai e noroeste da Argentina, em formações associadas à *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. No Brasil, é nativa dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul.

A utilização, inicialmente, era feita pelos índios Guaranis, habitantes da região definida pelas bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai (KUMMER et al., 2005), passando a ser comercializada a partir do estabelecimento das missões jesuíticas.

Nativa do bioma Mata Atlântica e típica da Floresta Ombrófila Mista, especialmente das matas de pinheiros, a população nativa de erva-mate foi sendo reduzida a partir do século passado, principalmente pela exploração extrativista da araucária e a expansão da agricultura e da pecuária.

Na década de 1980 se dá o aumento do consumo da erva-mate e a necessidade da implantação de novos ervais, para atender a demanda de matéria-prima. Atualmente, o seu cultivo é uma atividade agrícola importante, por fatores econômicos, sociais e ambientais, especialmente em regiões de pequenas e médias propriedades.

Comercialmente, a produção de mudas de erva-mate ocorre a partir de sementes. Este fato, por si só, justificaria a desuniformidade dos ervais implantados, por não garantir a manutenção das características da planta matriz. Porém, há outro aspecto que agrava o problema, que é o fato das plantas serem dióicas, ou seja, existirem plantas com flores femininas e outras com flores

masculinas, exigindo a fecundação cruzada e gerando maior variabilidade genética.

Para reduzir a variabilidade na propagação por sementes, é necessário selecionar e isolar o genótipo feminino e masculino, evitando a entrada de pólen de outros genótipos na área de produção de sementes, como tem sido realizado na obtenção de mudas de Cambona 4, um material genético selecionado no município de Machadinho, RS.

Porém, muitos plantios de erva-mate são realizados a partir de mudas oriundas de sementes de baixa qualidade, colhidas em ervais nativos, sem critério de seleção das plantas matrizes, resultando em ervais de baixo rendimento, como afirmam Da Croce & Floss (1999).

Além disso, na propagação sexuada, é necessário o trabalho prévio de estratificação das sementes por um período de cinco a seis meses, para superar a dormência física (tegumento duro), fisiológica (embrião imaturo) e química (taninos), sem garantia da porcentagem de germinação que será obtida, muitas vezes baixa.

Esses problemas poderiam ser superados com a propagação da erva-mate pelo processo vegetativo, que garante a manutenção das características das plantas matrizes. Dentre as técnicas, podemos citar a enxertia, a micropropagação e a estaquia. As duas primeiras, sob o ponto de vista comercial, teriam como restrição o possível elevado custo da muda. Assim, a estaquia se apresenta como a técnica com maior perspectiva. Entretanto, sabe-se que há grande variabilidade no potencial de enraizamento de genótipos de erva-mate.

A estaquia também permitiria a reprodução genética de plantas masculinas. Por sementes, a reprodução sempre envolve a combinação de características genéticas da matriz feminina e masculina.

Além da produção de mudas, é importante no cenário atual o resgate de valiosos materiais genéticos de erva-mate, que apresentam características agronômicas superiores. A progressiva eliminação de plantas nativas (erosão genética) tem ocorrido em consequência do desmatamento e a ampliação das áreas agrícolas; dos danos à copa, causados pela forma de colheita (facão), que dificulta a cicatrização, evoluindo para a seca de ramos e podridões; de danos ao tronco, por máquinas e implementos agrícolas, quando as plantas se encontram situadas em meio à lavouras; e à morte devida à idade avançada das plantas (senescência).

Dentre os materiais genéticos nativos, muitos teriam interesse agrônomo pela qualidade das folhas e produtividade, ou interesse ornamental. Necessário se faz, portanto, identificar e avaliar o potencial de propagação vegetativa, possibilitando vislumbrar o futuro lançamento de cultivares capazes de serem multiplicadas por um processo economicamente viável, que garanta a manutenção das características.

Desta forma, o trabalho de pesquisa teve por objetivos propagar 16 genótipos de erva-mate pelo processo de estaquia, avaliando a capacidade de enraizamento em duas épocas (primavera/verão e outono/inverno), com e sem o tratamento com ácido indolbutírico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância econômica, social e ambiental da erva-mate

A erva-mate possui importância econômica, social e ecológica para a região sul do Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai (PASINATO, 2003; OLIVA, 2007; SILVA et al., 2007), encontrando-se integrada em diversos sistemas produtivos (SOUZA et al., 2008).

A exploração da erva-mate é uma atividade agrícola bastante relevante por ter características ambientais, reduzindo a erosão do solo, e sociais, gerando emprego e renda no meio rural (BENDLIN, 2003; RODIGHIERI et al., 2005).

Conforme Lorenzi (2002) é uma árvore ornamental, podendo ser empregada no paisagismo. Por se tratar de uma espécie nativa, produtora de frutos muito consumidos por aves, é indicada para o plantio em áreas degradadas, na recomposição vegetal. Backes & Irgang (2002) ratificam a importância ecológica por produzir frutos consumidos pela avifauna, como sabiás e pombas.

Várias espécies de aves podem ser consideradas potenciais dispersores de sementes de erva-mate. Colussi & Prestes (2011) registraram a presença de 14 espécies de aves se alimentando dos frutos, pertencentes a cinco famílias: Emberizidae (5 espécies), Tyrannidae (5), Musicapidae (2), Mimidae (1), Pipridae (1). *Turdus leucomelas*, *T. sayacas* e *T. rufiventris* foram as espécies que mais realizaram visitas. Todas as espécies identificadas foram consideradas potenciais dispersores de sementes de erva-mate, pois a maioria engoliu os frutos inteiros.

Norrbom et al. (1998) relatam que a erva-mate também serve de hospedeira para moscas do gênero *Parastenopa*, que ovipositam nos ramos jovens, induzindo a formação de galhas, ou em frutos, onde desenvolvem a fase larval. Penteado (1995) relaciona mais de uma centena de insetos associados à erva-mate, no entanto, muitas espécies ainda carecem de identificação, e muitas nem são consideradas pragas, pois ocorrem em baixos níveis populacionais.

Em 2008 a produção da erva-mate no Brasil abrangia uma área de 29,9 mil ha, com produção de 256,3 mil toneladas. O Rio Grande do Sul apresentava 17,3 mil ha, com uma produção de 143,2 mil toneladas (IBGE/PAM, 2008).

No Brasil, o cultivo da erva-mate está distribuído em aproximadamente 180 mil pequenas e médias propriedades, localizadas principalmente nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso do Sul (MEDRADO, 2005). O plantio promove a fixação do homem na zona rural, pois a safra ocorre na entressafra de produtos como o feijão, a soja, o milho, entre outros, gerando trabalho e renda (LOURENÇO et al., 1997).

Segundo Bendlin (2003), a região Sul é a maior produtora de erva-mate do país. Sua exploração se apresenta como uma atividade agrícola de grande importância, gerando em torno de 710 mil empregos diretos, além de representar a principal atividade econômica de muitos produtores e municípios, com rendimento anual médio de 175 milhões de reais.

Aproximadamente 80% da erva-mate produzida e processada no Brasil é consumida pelo mercado interno (OLIVA, 2007). O restante é exportado para outros países, como Uruguai,

Chile, Japão, Estados Unidos, Alemanha e Síria (ANDRADE et al., 1999; MENDES, 2005).

As folhas, após a secagem e a trituração, se apresentam como o principal produto comercializado, utilizado principalmente na produção de bebidas como o chimarrão, chá, tererê e refrigerantes. Ainda é utilizada na fabricação de corantes, conservantes alimentícios, produtos de higiene e cosméticos (MACCARI & MAZUCHOWSKI, 2000; COELHO et al., 2002; VIDOR et al., 2002; SOUZA & LORENZI, 2008).

A exploração da erva-mate é uma atividade agrícola bastante relevante por ter características ambientais, reduzindo a erosão do solo, e sociais, gerando emprego e renda no meio rural (BENDLIN, 2003; RODIGHERI et al., 2005). Por muitos anos, a extração da erva-mate foi efetuada nas florestas ou ervais nativos, que geralmente estavam consorciados com pastagens ou culturas anuais (CHIARADIA et al., 2002), representando uma importante atividade econômica para determinadas áreas da região Sul do Brasil (SOUZA & LORENZI, 2008).

A maior parte das folhas comercializadas ainda é obtida através do extrativismo (SOUZA & LORENZI, 2008). Segundo Graça et al. (1988), a exploração extrativa em formações naturais é um hábito que persiste, sendo responsável por mais de 50 % da produção brasileira.

Na década de 1990, os plantios de erva-mate começaram a ser consorciados com outras espécies florestais e com culturas anuais, procurando uma melhoria na matéria-prima produzida e maior rendimento econômico por unidade de área (SUERTEGARAY, 2002).

O consórcio com outras espécies passou a ser valorizado, pois o produto apresenta qualidade diferenciada em relação à erva-mate produzida em ambiente muito sombreado ou em pleno sol (DA CROCE, 1996).

2.2 Histórico da erva-mate

A erva-mate era utilizada pelos indígenas da América do Sul, sendo encontrada no Peru, em túmulos pré-colombianos, folhas de erva-mate ao lado de alimentos e outros objetos, o que comprova o uso pelos Incas (REITZ et al., 1988).

Os índios Guaranis, habitantes das bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai foram os primeiros a fazer uso da erva-mate em forma de chá (KUMMER et al., 2005).

A planta de erva-mate era conhecida entre os indígenas pelo nome de “Caa”, e a bebida como “Caa-i”, que significa água de erva saborosa. A bebida era utilizada originalmente pelos pajés, em práticas de magia, sendo posteriormente fornecida para os demais índios, que faziam uso da bebida como estimulante do corpo e do espírito (DA CROCE & FLOSS, 1999).

Os colonizadores espanhóis, ao chegarem à América do Sul, passaram a tomar o estranho chá produzido a partir de folhas fragmentadas de erva-mate, que era utilizado pelos índios Guaranis. Os desbravadores espanhóis passaram a ingerir a bebida todos os dias, e foram os responsáveis por espalhar o uso da erva-mate entre os civilizados (REITZ et al., 1988; KUMMER et al., 2005).

Os jesuítas da Companhia de Jesus do Paraguai foram os

primeiros a orientar os índios a realizar plantios de erva-mate, a partir do século XVII, sendo os precursores da produção de mudas e condução dos ervais (BERKAI & BRAGA, 2000). A partir do século XIX, a erva-mate passou a ser comercializada e trocada por produtos essenciais (DA CROCE & FLOSS, 1999). Muitas das encomendas eram distribuídas nas regiões litorâneas e até nas mais meridionais, como a região do Rio da Prata, se expandindo a partir daí para os mercados da Argentina, Chile, Bolívia e Peru (LINHARES, 1969).

A erva-mate foi descrita somente em 1923 pelo francês August de Saint-Hilaire, após viagem ao Brasil, onde retornando para a Europa propôs à Academia de Ciências da França a designação de *Ilex paraguariensis* ou *Ilex mate* (DA CROCE & FLOSS, 1999).

2.3 Distribuição geográfica e ocorrência

Segundo Carvalho (2003), a erva-mate ocorre predominantemente em regiões de clima temperado úmido (Cfb), seguido do subtropical úmido (Cfa), que se caracterizam por apresentar chuvas regulares ao longo do ano, com precipitação entre 1200 a 3700 mm, e temperaturas que oscilam entre 13,2 a 21,9 °C. Ocorre naturalmente em solos de baixa fertilidade e se desenvolve melhor em solos profundos.

A erva-mate é nativa de regiões da América do Sul entre os paralelos 18° e 30° latitude sul, e os meridianos 47° e 58° (EDWIN & REITZ, 1967; REITZ et al., 1978; REITZ et al., 1988; CARVALHO, 2003). A área total de distribuição original da erva-mate é de, aproximadamente, 540 mil km², sendo 450 mil km² no

território brasileiro (ROTTA & OLIVEIRA, 2005).

A espécie ocorre na Argentina, Uruguai, Paraguai, Colômbia, Bolívia, Peru, Equador e Brasil. No Brasil, a distribuição da espécie está associada ao bioma Mata Atlântica, principalmente na formação Florestal Ombrófila Mista, ocorrendo nos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (EDWIN & REITZ, 1967; REITZ et al., 1978; REITZ et al., 1988; LORENZI, 2000; CARVALHO, 2003; SOUZA & LORENZI, 2008).

No Rio Grande do Sul, a erva-mate está dispersa pelo planalto meridional, sobretudo na zona dos pinheirais do planalto oriental. Na região noroeste do estado penetra profundamente na floresta latifoliada do Alto Uruguai. Raramente é encontrada na região da bacia do Alto Ibicuí e nas florestas da serra geral (REITZ et al., 1988).

2.4 Taxonomia e descrição botânica

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) pertence à família Aquifoliaceae (REITZ et al., 1988; JOLY, 1998; LORENZI, 2000; CARVALHO, 2003; SOUZA & LORENZI, 2008). Esta família compreende apenas o gênero *Ilex*, com aproximadamente 400 espécies (SOUZA & LORENZI, 2008). Na América do Sul são encontradas 220 espécies (LUNA et al., 2003) e no Brasil cerca de 50, principalmente nos estados do sul e sudeste, em áreas de maior altitude (SOUZA & LORENZI, 2008).

A espécie é conhecida vulgarmente por diferentes nomes

populares, como erva-mate, caá, caáguaçu, carvalho-branco, caúna, congoín, congonha, erva-congonha, erveira, pau-de-erva, congonha-grande, congonha, congonhinha, erva, erva-periquita, erva-mate-peluda, erva-mate-de-talo-branco, erva-mate-de-talo-roxo, erva verdadeira, mate, orelha-de-burro, ka'a e yerba-mate (EDWIN & REITZ, 1967; LORENZI, 2000; CARVALHO, 2003).

Trata-se de uma espécie perenifólia, esciófita, seletiva higrófito, característica das matas de pinhais. Geralmente chega a formar capões homogêneos e é naturalmente disseminada por pássaros (LORENZI, 2002).

A altura é variável de 4 a 8 m, com tronco curto, de 30 a 40 cm de diâmetro (LORENZI, 2002). O tronco é cilíndrico, reto ou pouco tortuoso. A ramificação é quase horizontal, com copa baixa, folhagem verde-escura e densa. As folhas são simples, alternas, subcoriáceas até coriáceas, glabras, verde-escuras, com limbo foliar geralmente apresentando de 5 a 10 cm de comprimento por 3 a 4 cm de largura (CARVALHO, 2003).

A erva-mate é uma espécie dióica, ou seja, apresenta flores masculinas e femininas em plantas distintas. As flores são brancas, pequenas, pouco vistosas (DA CROCE & FLOSS, 1999; CARVALHO, 2003). As flores femininas são encontradas em pequenos fascículos com três flores, com pedúnculo curto. Já as flores masculinas possuem de 3 a 5 pedicelos, com pedúnculo longo (DA CROCE & FLOSS, 1999).

A floração ocorre sobre ramos maduros, nas axilas foliares, geralmente de setembro a dezembro (LORENZI, 2000; CARVALHO, 2003). O fruto é liso, com coloração roxo-escura

quando maduro. Apresenta de 4 a 6 mm de diâmetro, com sementes de cor castanho-clara a escura, muito duras, pequenas e de forma variável (CARVALHO, 2003).

2.5 Propagação da erva-mate

O cultivo da erva-mate demanda a produção de mudas para atender os plantios comerciais, visando à obtenção de matéria-prima para a indústria (SILVA et al., 2007). A propagação de mudas de erva-mate pode ser realizada de duas maneiras: por sementes ou vegetativa (LORENZI, 2000; CARVALHO, 2003).

2.5.1 Propagação por semente

Na propagação comercial de sementes, a maioria dos plantios de erva-mate é realizada a partir de mudas oriundas de sementes de baixa qualidade, colhidas em ervais nativos, sem critério de seleção das plantas matrizes, o que tem resultado em ervais de baixo rendimento (DA CROCE & FLOSS, 1999; SANTIN et al., 2008). Para Brondani et al. (2008), estes são alguns dos fatores que dificultam a obtenção de mudas adequadas e de qualidade.

Segundo Wendling (2004), a maioria dos ervais oriundos da propagação por sementes, coletadas sem critérios técnicos, apresentam desenvolvimento heterogêneo, com reflexos negativos na produtividade. Segundo o autor, estes problemas poderiam ser minimizados com mudas obtidas via propagação vegetativa (estaquia) de plantas geneticamente superiores.

Para Da Croce & Floss (1999), uma boa matriz para produção de mudas deve apresentar características como: ramificações laterais e bom número de ramos finos por unidade de área; bom estado fitossanitário e nutricional; resistência à queda de folhas; produtividade que supere a média dos demais indivíduos existentes no erval; alta densidade de folhas; e uniformidade de amadurecimento dos frutos.

Para a produção de mudas por semente é necessário realizar a colheita e o beneficiamento dos frutos (LORENZI, 2000; CARVALHO, 2003). O beneficiamento pode ser imediato, separando a polpa das sementes por maceração em peneira, lavando em seguida com água corrente (CARVALHO, 2003). Outra possibilidade é deixar os frutos amontoados por alguns dias, para iniciar a decomposição da polpa, o que facilita a separação das sementes. Após, as sementes devem ser secadas à sombra (LORENZI, 2000; MEDRADO & STURION, 2005). A quantidade de sementes obtidas de 1 kg de frutos é de, aproximadamente, 90.000 sementes (LORENZI, 2002).

A porcentagem de germinação das sementes de erva-mate é baixa devido à dormência associada à dureza do endocarpo, que dificulta a saída da radícula do embrião (CARVALHO, 2003), e também porque quando os frutos amadurecem o embrião não concluiu a maturação (DA CROCE & FLOSS, 1999). A dificuldade da germinação em magniliopsidas ocorre em função das mudanças de forma do zigoto no processo de formação do embrião maduro, que geralmente é tardia em *Ilex* (FERREIRA et al., 1995). Sturion (1988) obteve de 5% a 20% de germinação e Kaspary (1991) de 12% e 35%, demonstrando a importância de estudos sobre a propagação vegetativa

da erva-mate.

O processo de estratificação aumenta a porcentagem de sementes germinadas devido ao lento amolecimento do tegumento, em contato com a areia levemente umedecida por um período de cinco a seis meses, e a complementação da maturação fisiológica do embrião (LORENZI, 2000; CARVALHO, 2003).

O processo de estratificação geralmente é realizado em uma caixa, onde se coloca uma camada de 10 cm de brita no fundo e, sobre a brita, camadas alternadas de 8 cm de areia peneirada e 5 cm de sementes levemente misturadas com areia. Sobre a última camada de areia é importante a cobertura com acículas de pínus para proteger e manter a umidade (DA CROCE & FLOSS, 1999).

Após esse período, as sementes são transferidas para a sementeira, distribuídas a granel e cobertas por terra peneirada, mantidas cuidadosamente úmidas por cerca de um mês, quando as sementes começam a germinar (LORENZI, 2000; CARVALHO, 2003).

2.5.2 Propagação vegetativa

A propagação vegetativa ou clonagem consiste em multiplicar partes da planta matriz como ramos, folhas ou raízes, que devem ser colocadas em condições ambientais favoráveis e induzidas a formar raízes e brotos, mantendo as características genéticas e garantindo a multiplicação de indivíduos com as mesmas características da planta matriz (PAIVA & GOMES, 2001; FERRARI et al., 2004; FACHINELLO et al., 2005).

O plantio de mudas produzidas via propagação vegetativa (estaquia) geram grande uniformidade quando as condições de solo e clima são semelhantes às da origem do material genético selecionado, possibilitando maiores produtividades e uniformidade de crescimento, além de uma série de características desejáveis, como resistência à pragas e doenças, melhor aproveitamento de recursos hídricos e nutricionais do solo, entre outros (ELDRIGE et al., 1994).

A formação de raízes em estacas ocorre devido à processos anatômicos e fisiológicos, em que os tecidos se diferenciam e redirecionam o desenvolvimento de células vegetais totipotentes, formando meristemas que darão origem à raízes adventícias (ALFENAS et al., 2004).

A totipotência é a capacidade que uma célula tem de originar um novo indivíduo, pois contém a informação genética necessária para reconstituir todas as partes da planta e suas funções (HARTMANN et al., 2002; FACHINELLO et al., 2005).

Normalmente, antes do aparecimento de raízes, é comum a formação de calos na base das estacas, mesmo em condições propícias para o enraizamento, pois se trata de uma massa irregular de células de parênquima originada de células da região do câmbio vascular. No entanto, a formação do calo e a formação da raiz são processos independentes entre si, embora possam ocorrer simultaneamente, pois o crescimento de ambos depende de condições internas e ambientais similares. A produção de calo pode ser benéfica em plantas que enraízam lentamente, pois proporciona uma capa protetora que retarda o aparecimento de podridão, embora o calo às vezes possa interferir na absorção de água pela estaca (HARTMANN et al., 2002).

2.5.2.1 Fatores que afetam o enraizamento

Os fatores internos envolvidos na emissão de raízes em uma estaca são o balanço hormonal, os cofatores de enraizamento, o potencial genético de enraizamento, as condições fisiológicas e fitossanitárias da planta matriz, a época do ano e o tipo de estaca. Os principais fatores ambientais que influenciam o enraizamento são a temperatura, a luz, a umidade e o substrato. Desta forma, conhecer os fatores envolvidos no processo de enraizamento possibilita entender por que uma estaca tem maior ou menor facilidade de enraizamento (FACHINELLO et al., 2005).

2.5.2.1.1 Fatores internos

a) Balanço hormonal

Para que haja uma formação adequada de raízes é necessário um equilíbrio entre os hormônios promotores e inibidores do enraizamento, que geralmente varia entre as espécies. O surgimento de raízes em estacas é afetada por vários hormônios, como auxinas, citocininas, giberelinas, etileno, e inibidores, como o ácido abscísico e compostos fenólicos. As auxinas possuem maior efeito na rizogênese de estacas, desempenhando um importante papel no estímulo à divisão celular. Uma alta relação auxina/citocinina geralmente favorece a formação de raízes, enquanto que o contrário facilita a formação de ramos (HARTMANN et al., 2002).

As auxinas e cofatores são sintetizadas principalmente em

órgãos que estão em crescimento ativo, como as gemas apicais, folhas jovens e meristemas das raízes. As citocininas ocorrem em tecidos em divisão ativa, estimulando a divisão celular e a formação de gemas, mas não de raízes. As giberilinas estimulam a divisão e alongação celular, porém apresentam efeito inibitório, provavelmente por estimular o crescimento vegetativo em detrimento das raízes (HARTMANN et al., 2002; FLOSS, 2006).

b) Cofatores de enraizamento

Os cofatores de enraizamento são compostos fenólicos, cuja função principal é a proteção da auxina endógena contra a degradação pela AIA-oxidase (ASSIS & TEIXEIRA, 1998), promovendo o enraizamento de estacas. São encontrados principalmente em gemas, folhas jovens e estacas retiradas de plantas jovens. Dessa forma, a manutenção de folhas e gemas em atividade vegetativa em estacas é importante para a síntese de cofatores, auxinas e carboidratos (FACHINELLO et al., 2005).

Segundo Hartmann et al. (2002) as plantas são divididas em três grupos, de acordo com a facilidade de enraizamento: Grupo I – plantas com todas as substâncias necessárias para o enraizamento, ou seja, de fácil e rápido enraizamento; Grupo II – que necessitam de aplicação exógena de auxina para que o enraizamento ocorra; e Grupo III – que um ou mais cofatores são limitantes, inviabilizando o enraizamento mesmo com o a aplicação de auxina.

c) Potencial genético de enraizamento

Segundo Fachinello et al. (2002), a capacidade de enraizamento de uma estaca varia de espécies para espécie, bem como entre genótipos, ainda que o enraizamento seja o resultado de um conjunto de fatores e não somente o potencial genético. Zerbielli & Nienow (2008), avaliando quatro genótipos de erva-mate, demonstram diferenças no potencial de enraizamento, variando de 0% a 77,8%.

d) Condições fisiológicas da planta matriz

Na seleção de uma planta matriz devem ser escolhidas aquelas mais vigorosas, que não apresentam doenças e de idade conhecida. Plantas afetadas por fatores ambientais e físicos, devido ao manejo, devem ser evitadas (FACHINELLO et al., 2002).

Segundo Paiva & Gomes (1995), as matrizes que apresentam elevada relação C/N favorecem o enraizamento das estacas. Para Fachinello et al. (2002), o equilíbrio de alguns nutrientes também favorecem o enraizamento, sendo que o excesso de alguns, como o manganês e o nitrogênio, prejudicam. O zinco é essencial na formação de raízes por ser ativador do triptofano, precursor da auxina.

A idade da planta matriz pode ser determinante na formação de raízes em estacas. Segundo Hackett (1988), diversos processos estão relacionados com a maturação das espécies, dentre eles a perda do vigor vegetativo, diminuindo a capacidade de emissão de brotos. Conforme Assis & Teixeira (1998), estacas retiradas de plantas mais jovens enraízam com maior facilidade por apresentar

multiplicação celular mais ativa. Bittencourt (2009) estudou plantas de erva-mate com 17 a 80 anos de idade e concluiu que o número de brotações foi superior nas matrizes mais jovens.

e) Época de estaquia e tipos de estaca

O efeito da época de coleta das estacas influencia na capacidade de enraizamento (ASSIS & TEIXEIRA, 1998). Estes efeitos estão relacionados com o teor de carboidratos armazenados na planta matriz (HARTMANN et al., 2002) e com o grau de lignificação das estacas (FACHINELLO et al., 2005).

Tavares et al. (1992) relatam que a maior porcentagem de enraizamento de estacas de erva-mate foi obtida com a estaquia no verão, em relação às estacas coletadas no outono, devido a maior atividade cambial. Bittencourt (2009), por sua vez, concluiu que a melhor época de estaquia foi na primavera e no outono.

Hartmann et al. (2002) classificam as estacas de acordo com o grau de lignificação em herbáceas, semilenhosas e lenhosas. Conforme Fachinello et al. (2005), as estacas herbáceas apresentam alta atividade meristemática e baixo grau de lignificação, sendo encontradas no período de crescimento vegetativo dos ramos. As estacas semilenhosas são mais lignificadas que as herbáceas e as lenhosas apresentam alto grau de lignificação, sendo encontradas no período de dormência.

Segundo Paiva & Gomes (1995), estacas com folhas e gemas auxiliam no enraizamento, pois são importantes na produção de auxinas e cofatores de enraizamento. Para Assis & Teixeira (1998), o

número de folhas presentes na estacas tem influência na velocidade de enraizamento e no número de raízes emitidas. Na propagação vegetativa por estaquia da erva-mate, Kricun (1995) recomenda a utilização de um par de folhas cortadas pela metade por apresentar menor transpiração, melhor equilíbrio osmótico e balanço hormonal.

2.5.2.1.2 Fatores externos

Os fatores externos que mais influenciam o enraizamento de estacas são a luminosidade, a temperatura, a umidade, o substrato, a realização de lesão na base das estacas e a aplicação de reguladores de crescimento.

Conforme Hartmann et al. (2002), a luminosidade é um fator externo muito importante, principalmente para as estacas que apresentam folha, pois a fotossíntese resulta em produtos como os carboidratos e as auxinas.

A temperatura deve variar, durante o dia, entre 21 °C e 26 °C, e durante à noite entre 15 °C e 21 °C, por favorecer a divisão celular e a formação de raízes nas estacas (FACHINELLO et al., 2005). As temperaturas elevadas aumentam a respiração e aceleram a desidratação das estacas, além de estimular brotações antes do surgimento das raízes (KÄMPF, 2000).

Quanto à umidade, Paiva & Gomes (2001) relatam que a planta perde água na transpiração, mas este inconveniente pode ser minimizado utilizando a irrigação por nebulização, mantendo a umidade e formando uma película de água sobre a folha.

O substrato pode ser formado a partir de somente um

material, ou de misturas, que ajudam a regular a disponibilidade de nutrientes para a planta, além de servir como suporte para a estaca (SOUZA et al., 2006), mantendo na sua base um ambiente úmido, escuro e suficientemente aerado (FACHINELLO et al., 2005).

Podem ser utilizados como substrato para o processo de estaquia materiais de origem orgânica, inorgânica ou sintéticos. Produtos como a vermiculita, areia, moinha de carvão, serragem de madeira, perlita, solo e casca de arroz carbonizada são amplamente utilizados como substratos (PAIVA & GOMES, 1995).

A realização de lesões na base da estaca, segundo Finardi (1998), tem sido utilizada para facilitar a formação das raízes. Devido ao acúmulo natural de auxinas e carboidratos junto ao feixe vascular, a produção de etileno e o aumento na taxa de respiração, o tecido lesionado geralmente começa o processo de divisão celular, produzindo calos e primórdios radiculares (HARTMANN & KESTER, 1990; FACHINELLO et al., 2005).

O uso de substâncias reguladoras de crescimento é essencial para a obtenção de raízes em plantas de difícil enraizamento, sendo uma técnica importante para viabilizar a produção através de estaquia (MALAVASI, 1994; FACHINELLO et al., 2005).

Dentre as auxinas mais utilizadas no enraizamento de estacas está o ácido indolbutírico (AIB) (BLAZICH, 1987), que é um regulador de crescimento com efeito na formação de raízes adventícias, na ativação das células do câmbio e no crescimento das plantas (PAIVA & GOMES, 1995). O uso do AIB é recomendado pela sua estabilidade à fotodegradação, menor fitotoxidez e apresentar boa capacidade de promover a formação de primórdios radiculares

(ASSIS & TEIXEIRA, 1998; HARTMANN et al., 2002).

As concentrações a serem utilizadas variam com a espécie, o clone, o estado de maturação do propágulo e a forma de aplicação, que pode ser via líquido ou pó (BLAZICH, 1987; GOMES, 1987; CHUNG & LEE, 1994; WILSON, 1994). Hartmann et al. (2002) relatam que o tempo de aplicação dos reguladores de crescimento deve ser inversamente proporcional à sua concentração, sendo recomendado 5 segundos para as soluções concentradas e tempos mais prolongados para soluções de menor concentração.

2.5.2.2 Potencial de propagação da erva-mate por estaquia

A erva-mate possui baixa capacidade genética e fisiológica de formação de raízes adventícias, apresentando taxa de enraizamento extremamente variável. Mesmo assim, o método de propagação vegetativa ainda é considerado o maior avanço dentro de programas de melhoramento da erva-mate (TAVARES et al., 1992; BRONDANI et al., 2008).

A propagação vegetativa da erva-mate por estaquia é um procedimento que permite obter mudas de qualidade em curto espaço de tempo, com a possibilidade de selecionar genótipos de boa qualidade à campo para a obtenção de plantas com características adequadas (HIGA, 1983; GRAÇA et al., 1990; JACOMINI et al., 2000; CARVALHO, 2003; BRONDANI et al., 2008).

Para obter-se sucesso na indução de raízes em estacas de erva-mate, alguns aspectos devem ser levados em consideração, como a melhor época para a coleta dos ramos, o uso de ramos jovens e não

muito tenros, e a permanência de um par de folhas cortadas pela metade, pois a presença de folhas nas estacas é um estímulo ao enraizamento, pela produção de assimilados. É necessário, ainda, um ambiente com nebulização, para manter a umidade das folhas, reduzindo a pressão de vapor, a temperatura e a taxa de respiração, mantendo as folhas funcionais por mais tempo (HIGA, 1983; KRICUN, 1995).

Carvalho (2003) cita que as estacas podem ser obtidas da porção basal e mediana da brotação anual, e geralmente utilizam-se hormônios de crescimento para indução de raízes. Malavasi (1994) e Wendling (2004) ratificam que, em plantas de difícil enraizamento, como a erva-mate, é necessária a aplicação de reguladores de crescimento para obtenção de raízes, aumentando o número, a qualidade e a uniformidade das mesmas.

Vários autores relatam a eficiência do AIB no enraizamento de estacas de erva-mate. Conforme Iratins & Soares (1981), o AIB quando aplicado em concentrações de 3000 e 5000 mg L⁻¹ influencia positivamente a formação de calos, a iniciação radicular, o número de estacas enraizadas e o número de raízes por estaca, e ainda diminui o tempo necessário para o enraizamento. Iritani (1981) relata que a utilização das concentrações de 3000 e 5000 mg L⁻¹ de AIB, em estacas de ramos com dois anos de idade, apresentaram até 75 % de enraizamento.

Graça et al. (1988) utilizaram concentrações de 5000 e 8000 mg L⁻¹ de AIB, em estacas de brotações do ano de árvores adultas e de mudas, obtendo 62% e 47% de enraizamento, respectivamente, enquanto que estacas sem o tratamento com AIB não

enraizaram. Segundo Tavares et al. (1992), o tratamento basal de estacas de erva-mate com 8000 mg L^{-1} de AIB tem demonstrado bons resultados no enraizamento.

Brondani et al. (2008) trataram mini estacas de erva-mate por 10 segundos com 3000 mg L^{-1} de AIB e obtiveram, após 90 dias, percentuais que variaram entre 57,1% e 71,9% de estacas vivas. Após 150 dias, os percentuais de enraizamento variaram entre 42,9% e 62,5%. Quadros (2009) relata que a dose de 1000 mg L^{-1} de AIB é eficiente para o enraizamento de micro estacas de erva-mate.

Zerbielli & Nienow (2008), avaliando quatro genótipos de erva-mate, demonstram diferenças no potencial de enraizamento, obtendo em um dos genótipos 77,8% de estacas enraizadas, com 8.000 mg L^{-1} de AIB, contra 19,4% sem AIB. Os demais genótipos apresentaram baixo enraizamento, sendo nulo sem AIB e abaixo de 8,3% com o regulador.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em estufa plástica, no Setor de Horticultura da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF), em Passo Fundo, Rio Grande do Sul, no período de outubro de 2009 a junho de 2010.

O município de Passo Fundo está situado nas coordenadas 28°15' S e 52°24' O, a uma altitude de 680 m, na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul (MARTINEZ et al., 2008). O clima local é do tipo subtropical úmido (Cfa) pela classificação de Köeppen, caracterizando-se por apresentar chuvas bem distribuídas durante o verão (MOTA et al., 1970).

Segundo Cunha (1997), as normais climatológicas do município de Passo Fundo são as seguintes: temperatura média anual de 17,5 °C; média das mínimas de 13,2 °C; média das máximas de 23,6 °C; precipitação média anual de 1787 mm; média anual da umidade relativa do ar de 72 %; insolação total de 2329,6 h; média anual de horas de frio com temperaturas $\leq 7,0$ °C de 422 h, variando de 214 h a 554 h. Mota (1992) relata acúmulos médios entre os meses de maio e agosto de 375 h, e entre maio e setembro de 420 h $\leq 7,2$ °C.

A estufa, disposta no sentido nordeste-sudeste, apresentava estrutura de aço galvanizado, medindo 10 x 21 m, com pé direito de 2,5 m e cobertura em arco. A cobertura era de polietileno de baixa densidade (PEBD), com 150 μm de espessura, dotado de aditivo antiultravioleta. As cortinas laterais, do mesmo material, apresentavam sistema de abertura manual. Para minimizar os efeitos da temperatura e

da insolação foi instalada uma tela tipo sombrite, com capacidade de 75% de sombreamento, disposta internamente a 2,5 m de altura.

O sistema de irrigação, do tipo intermitente, constava de seis linhas distanciadas de 1,5 m, com bicos nebulizadores dispostos a cada 1 m. O sistema de nebulização, controlado por um *timer* confeccionado para irrigar em intervalos curtos, era acionado a cada 10 minutos, com duração do molhamento de 10 segundos.

Foram estudadas duas épocas de estaquia da erva-mate: a) 01 de novembro de 2009 a 03 de fevereiro de 2010 (estacas herbáceas na primavera/verão); b) e 12 de março a 15 de junho de 2010 (estacas semilenhosas no outono/inverno). Cada época foi considerada um experimento. Os tratamentos consistiram de 16 genótipos, sem e com aplicação de 6.000 mg L^{-1} de AIB. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com os tratamentos arranjados no esquema fatorial 2×16 , com quatro repetições e 12 estacas por parcela.

As plantas matrizes foram selecionadas em propriedades rurais dos municípios de Machadinho (genótipos 1 a 12) e Ilópolis (genótipos 13 a 16), no Rio Grande do Sul. As matrizes selecionadas em Machadinho eram todas plantas nativas, localizadas em um reduto de erveiras (genótipos 4, 5, 6, 7 e 8) em meio a uma lavoura, e plantas isoladas (genótipos 1, 2, 3, 9, 10, 11 e 12), localizadas em outras três propriedades rurais (Figuras 1 e 2). Destaca-se que o genótipo 1 é a planta do gênero feminino e o genótipo 2 a do gênero masculino que deram origem à progênie Cambona 4. Devido à falta de material, no caso do genótipo 1 foram coletadas as estacas de três plantas, todas obtidas por enxertia com material da mesma planta matriz (Figura 1A). O genótipo 12 caracteriza-se por apresentar as folhas de

coloração amarelada, selecionado com objetivos ornamentais (Figuras 2D e 2E).

Em Ilópolis, os genótipos 13, 14, 15 e 16 (Figura 3) foram selecionados em plantios comerciais de três propriedades rurais, sendo o genótipo 15 a progênie Cambona 4, produzida a partir de semente em um viveiro de Machadinho.

Para a seleção dos genótipos foi observado o estado sanitário das plantas; o nível de sombreamento; o gênero (sexo); e a cor, tamanho e formato das folhas (Tabela 1 e Figura 4). Variações fenotípicas foram verificadas quanto ao tamanho, cor e formato das folhas. Considerou-se como nível sanitário a ocorrência de danos e podridões de tronco, decorrentes da idade das plantas (senescência), sucessivas podas com instrumento inadequado (facão) e eliminação total da área foliar (Figura 3E), e danos causados ao tronco por máquinas e implementos agrícolas (Figura 3F).

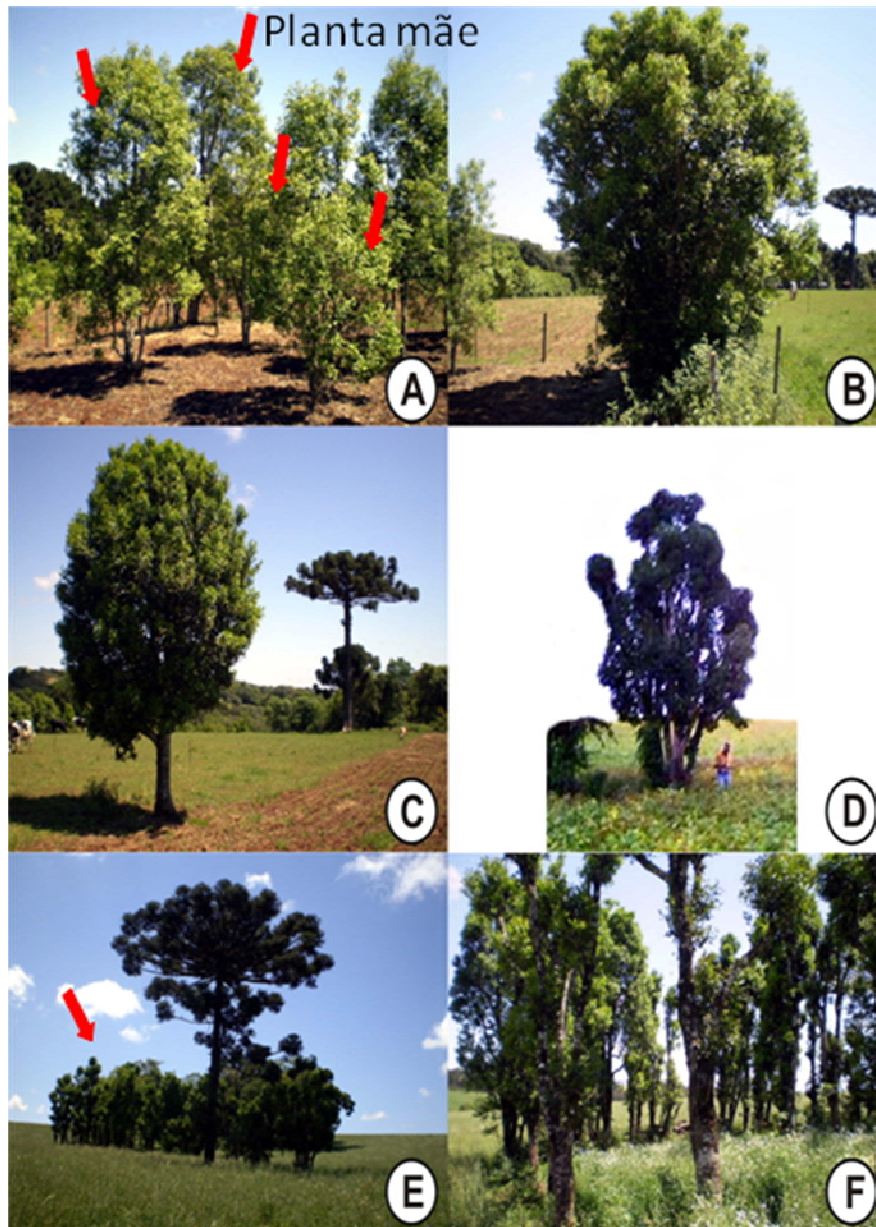


Figura 1 – Genótipos de erva-mate selecionados em Machadinho, RS: genótipo 1 (plantas multiplicadas por enxertia da planta mãe) (A), genótipo 2 (B), genótipo 3 (C), genótipo 8 (D), erval nativo onde foram selecionados os genótipos 4, 5, 6, 7 e 8 (E e F).

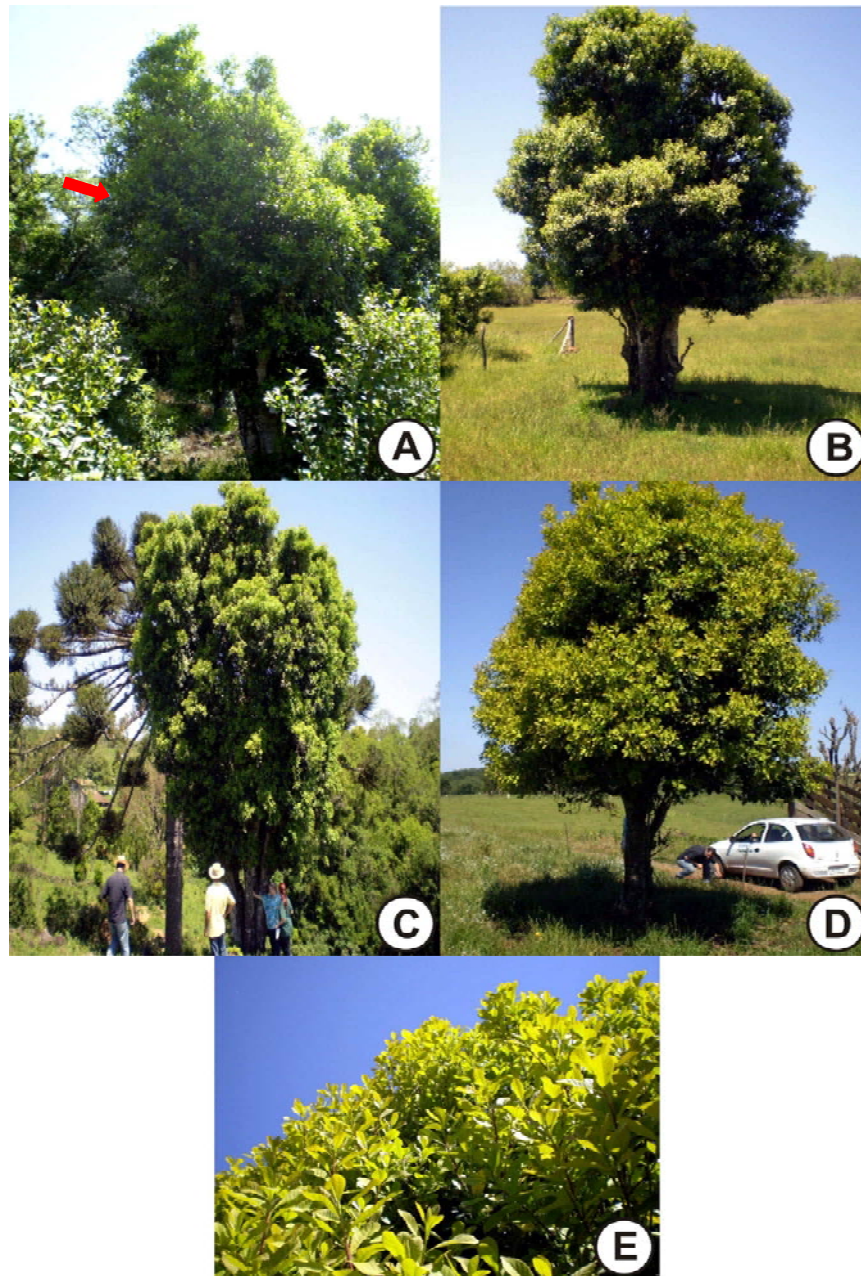


Figura 2 – Genótipos de erva-mate selecionados em Machadinho, RS: genótipo 9 (A), genótipo 10 (B), genótipo 11 (C), genótipo 12 (D), detalhe da coloração das folhas do genótipo 12 (E).

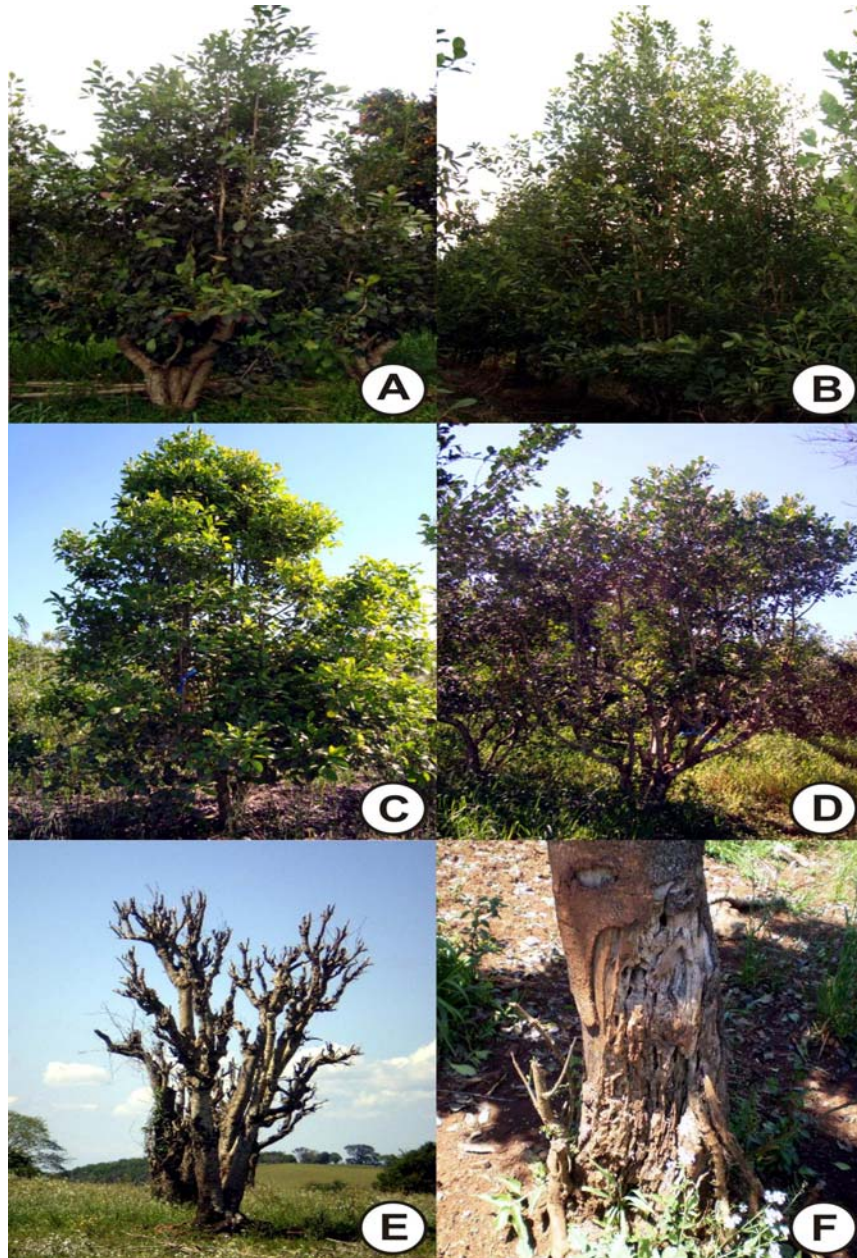


Figura 3 – Genótipos de erva-mate selecionados em Ilópolis, RS: genótipo 13 (A), genótipo 14 (B), genótipo 15 (C), genótipo 16 (D), danos e eliminação total da área foliar com facão (E), danos ao tronco por implementos agrícolas (F).

Tabela 1 - Estado sanitário, nível de sobreamento, gênero e características das folhas de 16 genótipos de erva-mate amostrados nos municípios de Machadinho e Ilópolis, RS

Genótipos	Estado sanitário	Nível de sobreamento	Gênero	Folha
1	Ruim	Pleno sol	F	Verde-acinzentado, pequena e lobada
2	Bom	Pleno sol	M	Verde claro, grande e lobada
3	Péssimo	Pleno sol	M	Verde acinzentado, pequena e alongada
4	Bom	Sombreada	F	Grande, verde acinzentado e lobada
5	Bom	Sombreada	F	Vede escuro, pequena e alongada
6	Bom	Sombreada	M	Verde escuro, média e lobada
7	Ruim	Sombreada	- *	Verde escuro, média e lobada
8	Bom	Sombreada	M	Verde escuro, média e lobada
9	Péssimo	Sombreada	M	Verde escuro, grande e alongada
10	Péssimo	Pleno sol	F	Verde claro, média e alongada
11	Bom	Pleno sol	M	Verde claro, grande e lobada
12	Bom	Pleno sol	M	Amarela, pequena e lobada.
13	Bom	Pleno sol	F	Verde escuro, média e alongada
14	Bom	Pleno sol	M	Verde claro, grande e lobada
15	Bom	Pleno sol	-	Verde acinzentado, média lobada
16	Bom	Pleno sol	-	Verde escuro, média alongada

* Não identificado por não apresentarem floração nas épocas de coleta das estacas.

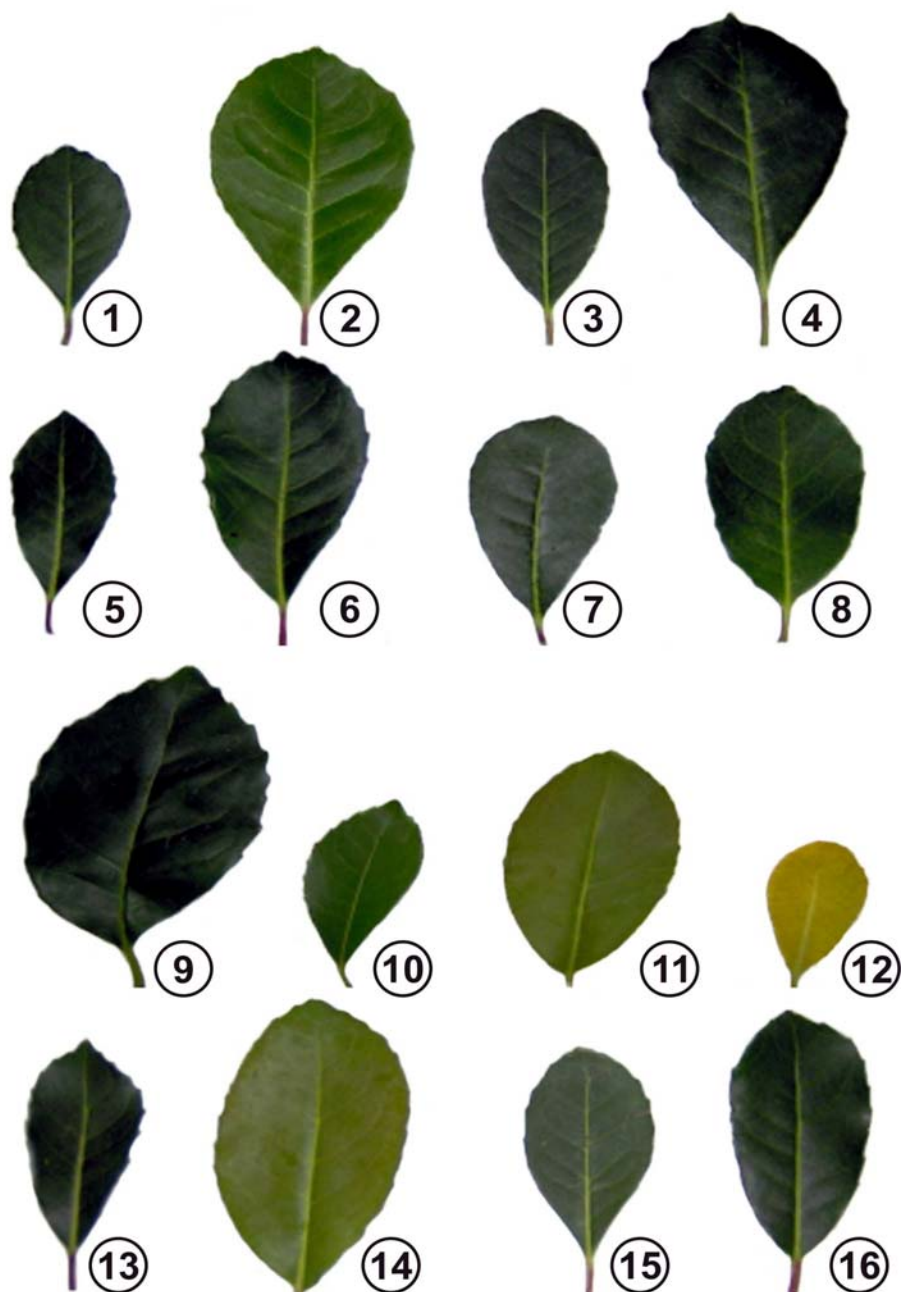


Figura 4 - Variação fenotípica das folhas de 16 genótipos de ervamate coletados nos municípios de Machadinho e Ilópolis, RS.

Estacas apicais foram coletadas da região basal e mediana de plantas matrizes adultas (Figura 5A), com o auxílio de tesoura de poda. As estacas foram umedecidas com pulverizador manual, acondicionadas em sacos plásticos e em caixas de isopor com gelo, e transportadas para o Laboratório de Horticultura da FAMV-UPF.

No laboratório, as estacas foram padronizadas com aproximadamente 12 cm de comprimento, eliminando o ápice, cortando em bisel a extremidade basal e mantendo um par de folhas reduzidas pela metade (Figura 5B).

Após a padronização, as estacas foram submetidas à desinfecção, mediante imersão por 15 minutos em solução de hipoclorito de sódio a 1,5%, com posterior lavagem em água corrente.

No preparo das soluções de AIB, o produto puro ($C_{12}H_{13}NO_2$ - cristalino) da marca Sigma[®] foi diluído em 100 mL de álcool etílico 70 °GL, completando o volume de 200 mL com água destilada.

A região basal das estacas (em torno de 3 cm) foi imersa por 10 segundos na solução de AIB e, posteriormente, realizada a estaquia a uma profundidade média de 4 cm, em bandejas alveoladas de isopor de 72 células (120 cm^3) contendo casca de arroz carbonizada + vermiculita média na proporção de 1:1 (v:v) (Figura 5C).

As estacas foram mantidas por 95 dias no leito de enraizamento. Após 7, 14, 21, 28, 35, 55, 75 e 95 dias, as estacas foram avaliadas quanto ao percentual de sobrevivência e de retenção de folhas. Aos 95 dias foi avaliado, também, o percentual de estacas brotadas, enraizadas e com calo, o comprimento da maior raiz e a massa fresca e seca de raízes.

Após a lavagem e determinação da massa fresca, as raízes foram acondicionadas em sacos de papel para determinar a massa seca, mantidas em estufa a 60 °C por 96 h, até estabilizar a massa. A pesagem foi realizada em balança eletrônica com precisão de 0,001 g.

A porcentagem de retenção de folhas foi calculada considerando o total inicial de folhas por parcela, ou seja, 24 folhas (2 meias-folhas por estaca).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Para efeito de análise estatística, os dados em porcentagem foram submetidos à transformação em arc seno [raiz $(x+0,5/100)$]. Empregou-se o *software* Sisvar para as análises estatísticas.

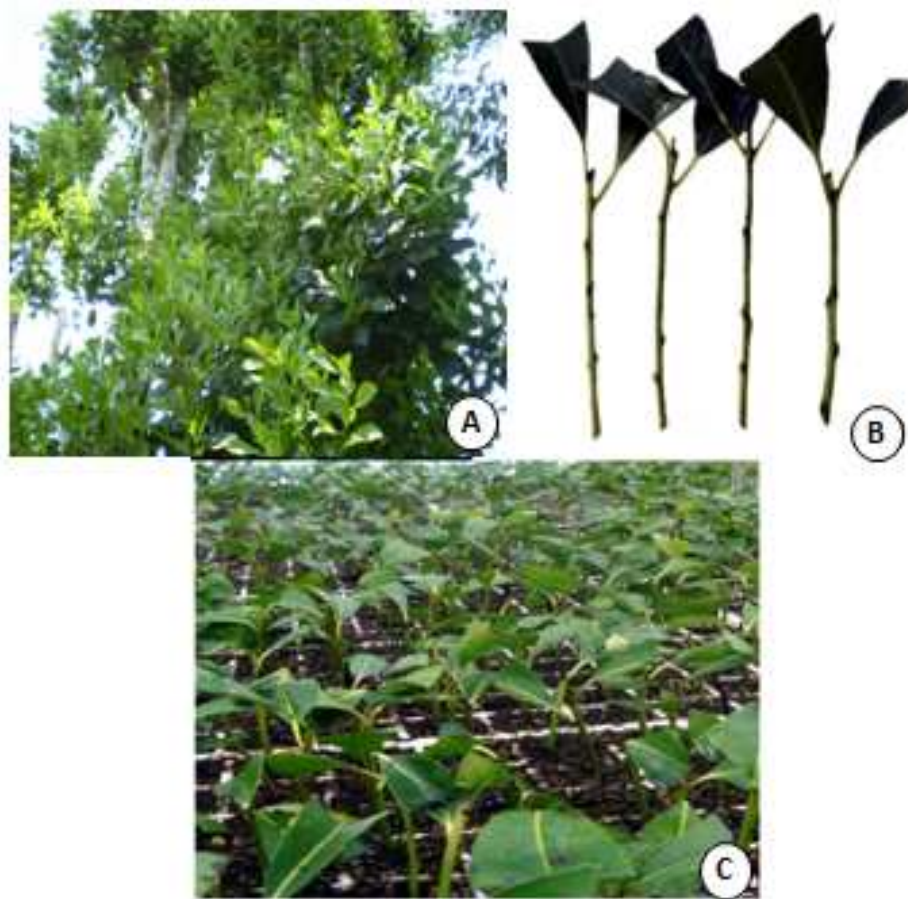


Figura 5 – Ramos de erva-mate para coleta das estacas (A); estacas padronizadas (B); bandejas com substrato e estacas após enterrio (C).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento I – Estaquia de genótipos de erva-mate na primavera/verão, com e sem aplicação de AIB.

A análise de variância demonstrou que houve efeito significativo da interação genótipos x AIB para o percentual de estacas vivas (Apêndice 1). Após 95 dias da estaquia, sem o uso de AIB, a sobrevivência foi menor nos genótipos 4, 7, 9, 14 e 16 (Tabela 2). Com AIB, a mortalidade foi maior nos mesmos genótipos, exceto o 16, e também nos genótipos 5 e 13, que reduziram a sobrevivência com o tratamento de 6.000 mg L^{-1} de AIB. Os demais genótipos não diferiram sem e com o uso do regulador. Portanto, para a sobrevivência das estacas, o uso do AIB não se mostrou eficiente. As maiores porcentagens de estacas vivas sem AIB variaram de 53,2% a 80,2%, enquanto com AIB de 51,7% a 65,1% (Tabela 2).

Graça et al. (1988) afirmam que a porcentagem de mortalidade é um dos principais fatores que dificultam a estaquia da erva-mate. Bittencourt (2009) relata que a sobrevivência das estacas de erva-mate parece estar relacionada principalmente com a época de coleta, constatando que o verão foi à época com maior porcentagem de estacas vivas. Quadros et al. (2009) trataram com 1.000 mg L^{-1} de AIB microestacas de erva-mate e obtiveram 10% de mortalidade, enquanto as não tratadas sofreram oxidação, obtendo mortalidade de 40%.

Considerando que, estatisticamente, apenas os genótipos 5 e 13 diferiram sem e com o tratamento de AIB, foi realizada a

comparação da porcentagem média de estacas vivas (independente do tratamento ou não com AIB) ao longo do período de estaquia, e interações significativas foram verificadas (Apêndice 2). Verifica-se que, uma semana após a estaquia, os genótipos 4, 7 e 9 se destacavam por apresentar menor sobrevivência (Tabela 3), resultado que se manteve até o final do experimento. Verifica-se, ainda, que o período mais crítico para a sobrevivência das estacas ocorreu nas primeiras três semanas, fato estreitamente relacionado com a queda de folhas das estacas.

Interação significativa entre genótipos x AIB foi verificada para a porcentagem de retenção de folhas nas estacas (Apêndice 1). Sem o tratamento com AIB, os genótipos 11, 12 e 15 (Tabela 2) destacaram-se por apresentar a maior retenção de folhas (69,8% a 76,8%). Com AIB, além dos genótipos 11 e 12, também apresentaram maior retenção de folhas os genótipos 2, 3, 6, 8 e 10, variando de 46,8% a 60,1%. Observa-se que, de maneira geral, o uso do AIB não aumentou a retenção de folhas, inclusive reduzindo significativamente nos genótipos 1, 5, 11, 12, 13 e 15. Observa-se que, de maneira geral, a menor sobrevivência das estacas está relacionada com a menor retenção de folhas. Este fato ficou evidente durante a pesquisa, sendo constatado que, quando ocorria a queda das duas meias folhas mantidas, poucos dias após ocorria a morte da estaca (Figuras 6A).

TABELA 2 – Porcentagem de estacas vivas e de retenção de folhas em 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, em estadia na primavera/verão. Passo Fundo, RS

Genótipos	Estacas vivas (%)		Retenção de folhas (%)	
	Sem AIB	Com AIB	Sem AIB	Com AIB
1	A 66,5 ± 9,5 a	A 51,7 ± 3,6 a	A 59,9 ± 8,2 b	B 36,2 ± 3,3 b
2	A 58,6 ± 5,7 a	A 54,2 ± 3,0 a	A 57,0 ± 7,7 b	A 51,0 ± 3,6 a
3	A 53,2 ± 4,2 a	A 59,2 ± 5,7 a	A 51,8 ± 3,7 b	A 53,9 ± 5,1 a
4	A 29,7 ± 5,2 b	A 38,8 ± 7,7 b	A 26,9 ± 4,3 c	A 35,6 ± 6,9 b
5	A 62,3 ± 2,3 a	B 40,6 ± 5,2 b	A 61,4 ± 3,4 b	B 36,0 ± 7,0 b
6	A 60,6 ± 6,3 a	A 65,1 ± 1,2 a	A 58,6 ± 7,3 b	A 60,1 ± 2,1 a
7	A 35,8 ± 8,0 b	A 37,9 ± 6,1 b	A 33,4 ± 6,4 c	A 32,2 ± 6,4 b
8	A 55,8 ± 4,4 a	A 54,1 ± 2,3 a	A 52,6 ± 5,0 b	A 46,8 ± 2,9 a
9	A 34,2 ± 3,6 b	A 39,1 ± 6,6 b	A 33,6 ± 3,3 c	A 41,2 ± 4,5 b
10	A 58,8 ± 4,2 a	A 59,7 ± 3,6 a	A 55,9 ± 4,2 b	A 53,5 ± 2,5 a
11	A 80,2 ± 2,3 a	A 62,3 ± 2,3 a	A 73,9 ± 6,8 a	B 56,6 ± 1,6 a
12	A 76,8 ± 3,6 a	A 59,5 ± 3,0 a	A 76,8 ± 3,6 a	B 58,1 ± 2,6 a
13	A 68,5 ± 1,2 a	B 36,7 ± 4,1 b	A 61,3 ± 0,6 b	B 31,5 ± 3,7 b
14	A 43,1 ± 4,2 b	A 44,8 ± 8,6 b	A 38,3 ± 5,8 c	A 41,3 ± 0,7 b
15	A 72,4 ± 1,2 a	A 54,1 ± 9,0 a	A 69,8 ± 2,3 a	B 44,1 ± 7,3 b
16	A 45,9 ± 7,1 b	A 51,8 ± 9,1 a	A 40,6 ± 6,3 c	A 40,0 ± 3,2 b
CV (%)		24,9		23,5

Médias antecedidas da mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

TABELA 3 – Porcentagem média (média de sem e com AIB) de estacas vivas de 16 genótipos de erva-mate, avaliadas em diferentes dias após a estaquia na primavera/verão. Passo Fundo, RS

Genótipos	Dias após a estaquia							
	7	14	21	28	35	55	75	95
1	A 77,6 b	B 66,5 b	B 64,9 b	B 63,6 a	B 63,6 a	B 60,4 b	B 59,8 b	B 58,5 b
2	A 75,6 b	B 64,3 b	B 63,5 b	B 60,0 b	B 60,0 b	B 56,4 b	B 56,4 b	B 56,4 b
3	A 79,2 b	B 60,2 b	B 59,0 b	B 58,4 b	B 57,8 b	B 56,2 b	B 56,2 b	B 56,2 b
4	A 58,2 d	B 40,7 c	B 40,0 d	B 35,2 d	B 35,2 d	B 34,3 d	B 34,3 d	B 34,3 d
5	A 72,9 b	B 61,1 b	B 58,9 b	B 55,7 b	B 54,4 b	B 51,5 b	B 51,5 b	B 51,5 b
6	A 88,0 a	B 72,6 a	B 72,6 a	B 67,8 a	B 66,1 a	B 62,9 a	B 62,9 a	B 62,9 a
7	A 49,8 d	A 43,5 c	A 42,7 d	A 38,8 d	A 38,8 d	A 36,9 d	A 36,9 d	A 36,9 d
8	A 63,9 c	A 61,2 b	A 57,6 b	A 56,3 b	A 56,3 b	A 55,6 b	A 55,0 b	A 55,0 b
9	A 51,4 d	A 47,5 c	B 40,5 d	B 39,9 d	B 38,6 d	B 37,4 d	B 36,7 d	B 36,7 d
10	A 83,4 a	B 75,9 a	B 70,0 a	C 65,1 a	C 59,9 b	C 59,3 b	C 59,3 b	C 59,3 b
11	A 86,0 a	A 80,1 a	A 79,2 a	B 74,2 a	B 74,2 a	B 71,3 a	B 71,3 a	B 71,3 a
12	A 81,4 a	A 76,1 a	B 71,6 a	B 68,2 a	B 68,2 a	B 68,2 a	B 68,2 a	B 68,2 a
13	A 65,2 c	A 63,1 b	B 57,7 b	B 53,3 b	B 53,3 b	B 52,7 b	B 52,7 b	B 52,7 b
14	A 66,8 c	A 61,3 b	B 52,7 c	B 46,0 c	B 45,2 c	B 44,6 c	B 44,6 c	B 44,0 c
15	A 85,6 a	A 77,8 a	B 70,2 a	B 67,7 a	B 65,7 a	B 64,5 a	B 63,2 a	B 63,2 a
16	A 68,5 c	A 65,4 b	B 49,3 c	B 49,5 c	B 49,5 c	B 48,9 c	B 48,9 c	B 48,9 c
CV (%)	17,5							

Médias antecedidas da mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Este fato pode estar relacionado com a redução na quantidade de fotoassimilados necessários para sustentar o processo metabólico e respiratório das estacas, entrando em colapso. Mayer & Pereira (2003), em trabalho realizado com umezeiro (*Prunus mume* Sieb.), verificaram que a ausência de folhas resultou, praticamente, em estacas com calo ou mortas, enquanto que a retenção de folhas nas estacas auxiliou na maior velocidade do enraizamento.

A importância da presença das folhas durante a estaquia foi verificada para outras espécies florestais. Nienow et al. (2010), trabalhando com a quaresmeira *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn., observaram rápida queda de folhas entre a segunda e a terceira semana após a estaquia. Com o provável esgotamento das reservas houve morte das estacas, sendo constatado que apenas as estacas com retenção de folhas mantiveram-se vivas e enraizaram.

Knapik et al. (2003) observaram, em *Tibouchina pulchra* (Cham.) Cogn., a associação entre a morte das estacas e a abscisão das folhas no início do processo. Fochesato et al. (2006), na estaquia do louro (*Laurus nobilis* L.), obtiveram 100% de estacas mortas na ausência de folhas, e de 11,5% a 16,7% com folhas, atribuindo a mortalidade ao esgotamento das reservas por ocasião da brotação e à ausência de hormônios produzidos nas folhas.

A porcentagem média de retenção de folhas durante os 95 dias de estaquia variou entre genótipos (Apêndice 2 e Tabela 4), observando-se que, na primeira semana, os genótipos 4, 7, 9 e 16 apresentaram a maior perda de folhas. Na segunda semana, além dos

genótipos citados, também o genótipo 14 apresentou alto percentual de perda de folhas, resultado que se manteve até o final do experimento. Portanto, a maior intensidade de queda de folhas ocorreu nas primeiras duas semanas, refletindo na maior mortalidade até a terceira semana, verificada na Tabela 3.

A análise de variância demonstrou que houve efeito significativo da interação genótipos x AIB para a porcentagem de estacas brotadas (Apêndice 1). A taxa de brotação foi muito baixa em todos os genótipos estudados, sem ou com o uso de AIB (Tabela 5). O genótipo 1, utilizando AIB, apresentou a maior brotação (22,9%). Iritani et al. (1986) destacam que o uso do ácido indolacético (AIA) e do AIB, nas doses de 3.000 e 5.000 mg L⁻¹, propiciou aumento da brotação. Considerando que as brotações (Figura 6B) durante o processo de enraizamento podem se constituir em drenos de fotoassimilados, que seriam utilizados no processo de indução e desenvolvimento de raízes, a baixa ou nula brotação ocorrida, sob este ponto de vista, pode até ser entendida como positiva. Quadros (2009) também afirma que a emissão de brotos afeta negativamente o enraizamento de estacas de erva-mate.

TABELA 4 - Porcentagem média (média de sem e com AIB) de retenção de folhas de 16 genótipos de erva-mate, avaliadas em diferentes dias após a estaquia na primavera/verão. Passo Fundo, RS

Genótipos	Dias após a estaquia							
	7	14	21	28	35	55	75	95
1	A 64,0 b	A 59,4 b	A 58,5 b	B 54,8 b	B 52,9 b	B 50,1 b	B 48,8 b	B 48,1 b
2	A 62,4 b	A 57,9 b	A 57,1 b	A 56,8 b	A 55,8 b	A 54,9 b	A 54,0 b	A 54,0 b
3	A 60,2 b	A 56,5 b	A 56,0 b	A 55,6 b	A 54,6 b	A 54,6 b	A 53,5 b	A 52,9 b
4	A 37,5 c	A 33,5 c	A 33,5 c	A 32,8 c	A 32,4 c	A 31,8 c	A 31,8 c	A 31,3 c
5	A 61,5 b	A 56,7 b	A 53,4 b	A 52,1 b	A 50,7 b	A 50,4 b	A 49,1 b	A 48,7 b
6	A 72,1 a	A 66,8 a	A 63,9 a	A 63,5 a	A 61,2 a	A 60,0 a	A 59,7 a	A 59,3 a
7	A 43,5 c	A 37,5 c	A 36,0 c	A 34,9 c	A 34,3 c	A 33,7 c	A 32,8 c	A 32,8 c
8	A 62,5 b	A 54,6 b	A 54,3 b	A 53,1 b	A 51,8 b	A 51,8 b	A 50,3 b	A 49,7 b
9	A 45,9 c	A 38,4 c	A 38,4 c	A 38,1 c	A 37,7 c	A 37,7 c	A 37,4 c	A 37,4 c
10	A 70,7 a	B 62,3 b	B 60,7 b	B 58,9 b	B 58,6 a	B 57,6 a	B 56,3 a	B 54,7 b
11	A 76,1 a	A 72,0 a	A 72,0 a	A 72,0 a	A 66,9 a	A 66,7 a	A 65,6 a	A 65,3 a
12	A 75,7 a	A 69,6 a	A 67,9 a	A 66,2 a	A 66,2 a	A 66,2 a	A 65,8 a	A 65,8 a
13	A 63,5 b	B 53,8 b	B 52,2 b	B 50,8 b	B 50,2 b	B 48,7 b	B 47,2 b	B 46,4 b
14	A 58,7 b	B 44,9 c	B 42,6 c	B 39,8 c	B 39,2 c	B 38,2 c	B 37,3 c	B 36,4 c
15	A 72,4 a	A 65,3 a	A 64,4 a	A 63,8 a	B 61,1 a	B 59,9 a	B 57,9 a	B 57,0 a
16	A 50,3 c	A 41,9 c	A 41,3 c	A 41,0 c	A 41,0 c	A 41,0 c	A 40,6 c	A 40,3 c
CV (%)	17,5							

Médias antecedidas da mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

TABELA 5 – Porcentagem de estacas brotadas de 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, em estaquia na primavera/verão. Passo Fundo, RS

Genótipos	Estacas brotadas (%)					
	Sem AIB		Com AIB			
1	B	10,4 ± 3,6	b	A	22,9 ± 5,0	a
2	A	2,1 ± 1,2	b	A	4,2 ± 2,4	b
3	A	6,2 ± 3,6	b	A	4,2 ± 2,4	b
4	A	0,0 ± 0,0	b	A	0,0 ± 0,0	b
5	A	0,0 ± 0,0	b	A	0,0 ± 0,0	b
6	A	0,0 ± 0,0	b	A	0,0 ± 0,0	b
7	A	0,0 ± 0,0	b	A	0,0 ± 0,0	b
8	A	0,0 ± 0,0	b	A	2,1 ± 1,2	b
9	A	4,1 ± 1,4	b	A	2,1 ± 1,2	b
10	A	0,0 ± 0,0	b	A	0,0 ± 0,0	b
11	A	6,2 ± 3,6	b	A	2,1 ± 1,2	b
12	A	0,0 ± 0,0	b	A	4,1 ± 1,4	b
13	A	2,1 ± 1,2	b	A	4,1 ± 1,4	b
14	A	6,2 ± 2,3	b	A	0,0 ± 0,0	b
15	A	0,0 ± 0,0	b	A	10,4 ± 4,6	b
16	A	16,6 ± 4,4	a	A	8,3 ± 2,8	b
CV (%)	196,8					

Médias antecedidas da mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

A análise de variância demonstrou efeito significativo da interação genótipos x AIB para a porcentagem de estacas enraizadas (Apêndice 1). Sem AIB, as melhores taxas de enraizamento variaram entre 32,4% e 54,4% (Tabela 6) nos genótipos 2, 6, 7, 11, 12, 13 e 15.

TABELA 6 – Porcentagem de estacas enraizadas e com calo em 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, em estadia na primavera/verão. Passo Fundo, RS

Genótipos	Estacas enraizadas (%)			Estacas com calo (%)		
	Sem AIB	Com AIB		Sem AIB	Com AIB	
1	B 18,3 ± 2,3	b A 51,7 ± 3,6	a	A 40,1 ± 10,1	a	B 5,7 ± 0,0
2	A 54,4 ± 6,0	a A 46,7 ± 1,2	a	A 8,7 ± 1,2	b	A 5,7 ± 0,0
3	A 5,7 ± 0,0	b A 17,5 ± 5,7	b	A 40,7 ± 6,5	a	A 31,6 ± 8,0
4	B 13,2 ± 4,8	b A 35,3 ± 9,1	b	A 5,7 ± 0,0	b	A 5,7 ± 0,0
5	A 10,4 ± 3,6	b A 34,2 ± 4,1	b	A 10,5 ± 2,4	b	A 5,7 ± 0,0
6	B 33,8 ± 4,6	a A 63,6 ± 1,4	a	A 21,5 ± 3,0	b	A 8,7 ± 1,2
7	A 32,4 ± 10,2	a A 35,2 ± 6,8	b	A 10,5 ± 2,4	b	A 5,7 ± 0,0
8	B 28,5 ± 4,1	b A 51,7 ± 4,1	a	A 24,2 ± 2,8	b	A 10,5 ± 2,4
9	A 23,7 ± 5,3	b A 37,3 ± 7,5	b	A 8,7 ± 1,2	b	A 5,7 ± 0,0
10	B 8,7 ± 1,2	b A 31,9 ± 1,2	b	A 10,5 ± 2,4	b	A 21,5 ± 3,0
11	A 41,7 ± 6,3	a A 55,7 ± 3,9	a	A 16,7 ± 3,6	b	A 15,3 ± 2,8
12	A 36,9 ± 3,0	a A 52,2 ± 6,3	a	A 35,7 ± 2,8	a	B 16,2 ± 4,6
13	A 48,1 ± 4,2	a A 35,5 ± 3,4	b	A 18,3 ± 2,3	b	A 5,7 ± 0,0
14	A 27,7 ± 1,4	b A 35,8 ± 8,0	b	A 16,5 ± 2,0	b	A 10,5 ± 2,4
15	A 46,8 ± 3,6	a A 50,2 ± 8,0	a	A 11,7 ± 1,4	b	A 5,7 ± 0,0
16	A 25,7 ± 11,5	b A 37,0 ± 1,2	b	A 19,4 ± 5,0	b	A 19,2 ± 5,7
CV (%)	36,3			67,9		

Médias antecedidas da mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Com o uso do AIB, a maior porcentagem de estacas enraizadas foi obtida também nos genótipos 2, 6, 11, 12 e 15, além dos genótipos 1 e 8, com percentuais que variaram entre 46,7% e 63,6%. O efeito do AIB foi significativamente positivo para os genótipos 1, 4, 6, 8 e 10, mas é possível afirmar que, de modo geral, o emprego do AIB aumentou o enraizamento (Figura 6C).

O efeito positivo do AIB também foi constatado em outros trabalhos com a erva-mate. Graça et al. (1988), testando concentrações de 5.000 e 8.000 mg L⁻¹ de AIB, obtiveram enraizamentos que variaram entre 47% e 62%, semelhantes ao obtido no presente trabalho, enquanto as estacas sem tratamento com AIB não enraizaram. Zerbielli & Nienow (2008), avaliando quatro genótipos de erva-mate, obtiveram em um dos genótipos 77,8% de enraizamento, com o tratamento de 8.000 mg L⁻¹ de AIB, contra 19,4% sem AIB. Os demais genótipos apresentaram baixo enraizamento, sendo nulo sem AIB e abaixo de 8,3% com o regulador. Quadros (2009), empregando 8.000 mg L⁻¹ de AIB, obteve 78,6% de enraizamento, enquanto as estacas sem tratamento não enraizaram, além de ocorrer escurecimento (oxidação).

Um fato importante a ser destacado demonstra o efeito positivo da aplicação do AIB. Comparando a porcentagem de estacas enraizadas (Tabela 6) com a de sobrevivência (Tabela 2), com o uso do AIB, quase a totalidade das estacas vivas encontravam-se enraizadas, exceto os genótipos 3 e 10. Por sua vez, sem o uso do AIB, apenas os genótipos 2 e 7 apresentaram enraizamento semelhante ao de estacas vivas.

Como a sobrevivência das estacas se mostrou bastante

relacionada com a capacidade de retenção de folhas, pode-se afirmar que a presença de folhas é um fator fundamental no processo de enraizamento da erva-mate, possivelmente em decorrência da produção de fotoassimilados, auxinas e cofatores. A necessidade da presença de folhas foi também constatada por Tavares et al. (1992), que obtiveram 50% de enraizamento com um par de folhas reduzidas, sendo que, na ausência de folhas, o enraizamento foi nulo. O mesmo é relatado por Quadros (2009), onde a não permanência de folhas afetaram negativamente o enraizamento de estacas de erva-mate. Mindêllo Neto (2006) relata que a presença de folhas em estacas herbáceas de pessegueiro melhorou o enraizamento.

Interação significativa entre genótipos x AIB foi verificada para a porcentagem de estacas com formação apenas de calo (Apêndice 1). Sem o tratamento com AIB, destacaram-se os genótipos 1, 3 e 12, com percentuais variando entre 35,7% e 40,7% (Tabela 6). Com AIB, os genótipos 3, 10, 11, 12 e 16 apresentaram maiores percentuais, variando entre 15,3% e 31,6%. O uso do AIB não aumentou significativamente a porcentagem de estacas com calo (Figura 6D), em virtude do efeito favorável ao enraizamento. Seria difícil afirmar se as estacas com calo originariam raízes, caso fossem mantidas por mais tempo no leito de enraizamento, pois a formação de calo, apesar de se constituir numa desdiferenciação do tecido, não é pré-requisito para formar raízes, podendo, muitas vezes, ser prejudicial. Para Quadros (2009), a formação de calo afeta negativamente o enraizamento de estacas de erva-mate. Garcia (1977) observou em *Pinus* spp. que muitas estacas formaram calo, mas não necessariamente emitiram raízes.

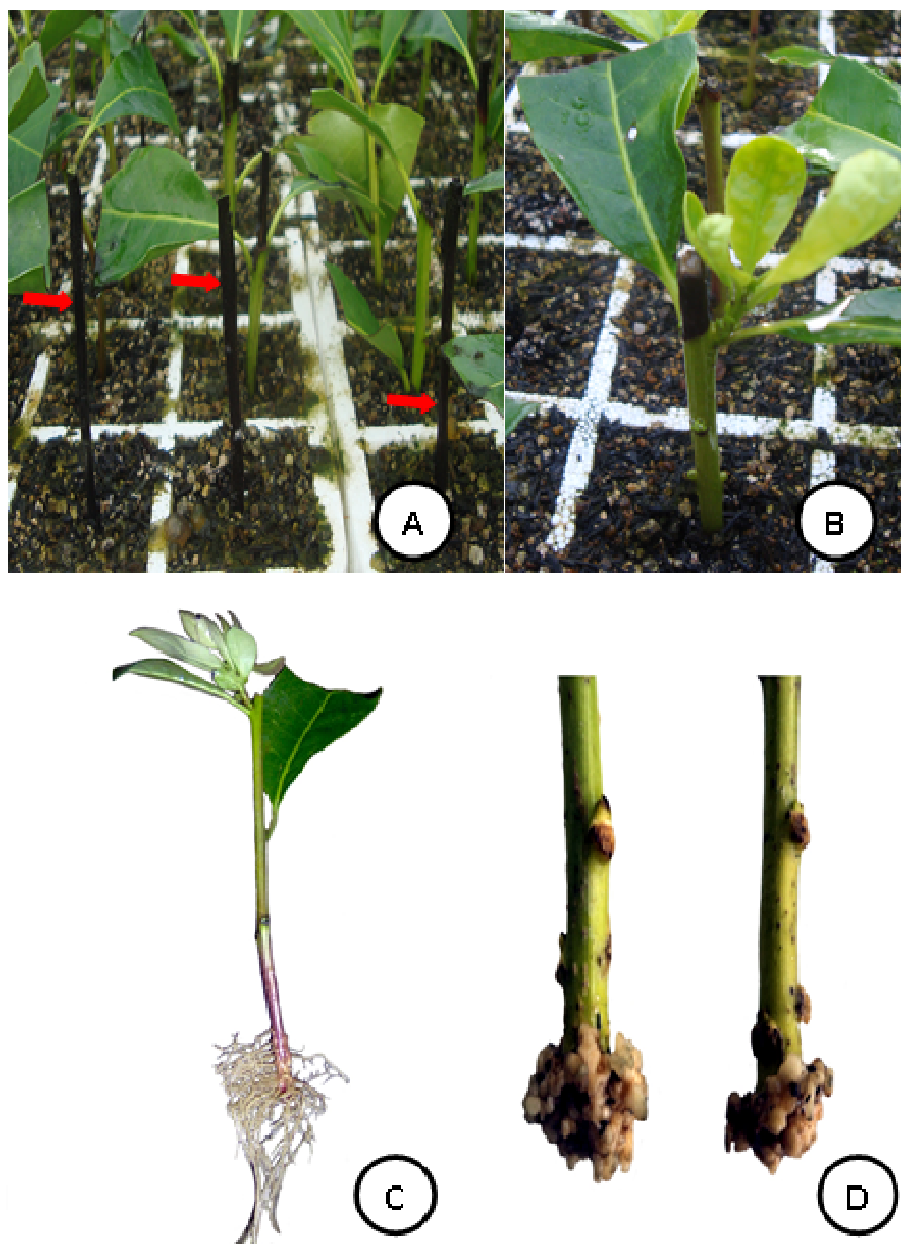


Figura 6 – Estacas de erva-mate mortas (A); estacas brotadas (B); enraizadas (C); e com calo (D).

A análise de variância revelou efeito significativo de genótipos de erva-mate e de AIB, independentemente, no comprimento da maior raiz, e de AIB sobre a massa fresca e seca de raízes (Apêndice 3). Os genótipos 7, 8 e 13 se destacaram pelo comprimento da maior raiz, mas quanto à massa fresca e seca de raízes não foram verificadas diferenças significativas (Tabela 7). O tratamento das estacas com AIB estimulou o desenvolvimento radicular, com aumento médio de 60% no comprimento da maior raiz e na massa fresca de raízes, e de 50% na massa seca de raízes.

Zerbielli & Nienow (2008) também verificaram aumento no comprimento da maior raiz e no número de raízes por estaca tratando com 8.000 mg L⁻¹ de AIB. Bittencourt (2009) obteve o maior comprimento de raiz (41,8 mm) em estacas coletadas na primavera e utilizando 4.500 mg L⁻¹ de AIB. Entretanto, Quadros (2009) não obteve resultados significativos para a variável comprimento da maior raiz, em micro estacas de erva-mate tratadas com AIB.

TABELA 7 – Comprimento da maior raiz, massa fresca e seca de raízes de 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, em estaquia na primavera/verão. Passo Fundo, RS

Genótipos	Comprimento da maior raiz (cm)	Massa fresca de raízes (g)	Massa seca de raízes (g)
1	0,43 ± 0,02 b	0,13 ± 0,01 ^{ns}	0,06 ± 0,03 ^{ns}
2	0,37 ± 0,01 b	0,10 ± 0,02	0,04 ± 0,04
3	0,39 ± 0,02 b	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01
4	0,15 ± 0,01 b	0,08 ± 0,01	0,03 ± 0,03
5	0,31 ± 0,02 b	0,05 ± 0,01	0,01 ± 0,02
6	0,18 ± 0,02 b	0,08 ± 0,01	0,03 ± 0,03
7	1,08 ± 0,04 a	0,13 ± 0,01	0,07 ± 0,04
8	0,76 ± 0,03 a	0,12 ± 0,02	0,05 ± 0,03
9	0,26 ± 0,02 b	0,05 ± 0,00	0,01 ± 0,01
10	0,31 ± 0,01 b	0,05 ± 0,01	0,02 ± 0,02
11	0,36 ± 0,02 b	0,06 ± 0,01	0,03 ± 0,02
12	0,30 ± 0,02 b	0,07 ± 0,01	0,03 ± 0,02
13	0,89 ± 0,04 a	0,11 ± 0,01	0,06 ± 0,02
14	0,57 ± 0,03 b	0,07 ± 0,01	0,02 ± 0,02
15	0,50 ± 0,02 b	0,09 ± 0,01	0,04 ± 0,02
16	0,59 ± 0,03 b	0,13 ± 0,02	0,05 ± 0,04
Tratamento de AIB			
Sem AIB	0,35 b	0,06 b	0,02 b
Com AIB	0,58 a	0,10 a	0,04 a
Média	0,47	0,08	0,03
CV (%)	94,9	107,1	112,3

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. ^{ns} – não significativo a 5% de probabilidade de erro.

4.2 Experimento II - Estaquia de genótipos de erva-mate no outono/inverno, com e sem aplicação de AIB.

A análise de variância revelou efeito significativo da interação genótipos x AIB para a porcentagem de estacas vivas (Apêndice 4). Com o uso do AIB, após 95 dias, os genótipos 15 e 16 apresentaram maior porcentagem de sobrevivência (73,4% e 76,3%, respectivamente), enquanto sem AIB se destacaram os genótipos 10 e 16 (86,0% e 90,0%). Já os genótipos 11 e 14 apresentaram menor porcentagem de sobrevivência, sem e com o tratamento de AIB (Tabela 8). É importante destacar que o genótipo 14 havia sido colhido há poucas semanas pelo produtor rural, encontrando-se as brotações ainda jovens no momento da coleta das estacas, o que certamente prejudicou o desempenho deste material em todas as variáveis analisadas.

Quando comparados os tratamentos sem e com AIB, verifica-se que, em 56% dos genótipos, o uso do AIB reduziu a sobrevivência, e não teve efeito favorável nos demais genótipos (Tabela 8). O efeito negativo do regulador sobre esta variável foi mais acentuado que na estaquia realizada na primavera/verão (Tabela 2).

TABELA 8 – Porcentagem de estacas vivas e de retenção de folhas em 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, em estadia no outono/inverno. Passo Fundo, RS

Genótipos	Estacas vivas (%)		Retenção de folhas (%)	
	Sem AIB	Com AIB	Sem AIB	Com AIB
1	A 51,6 ± 2,3 c	A 39,5 ± 2,3 c	A 25,3 ± 3,7 e	B 10,6 ± 1,2 e
2	A 62,9 ± 3,6 c	B 48,1 ± 4,2 c	A 44,3 ± 2,1 d	B 12,7 ± 1,8 e
3	A 74,8 ± 3,0 b	B 55,6 ± 3,4 b	A 61,8 ± 3,5 b	B 43,1 ± 2,6 c
4	A 49,2 ± 2,3 c	A 55,8 ± 4,4 b	A 38,8 ± 2,8 d	A 38,8 ± 3,5 c
5	A 71,5 ± 4,1 b	B 40,7 ± 2,0 c	A 46,1 ± 3,9 d	B 23,2 ± 3,0 d
6	A 52,8 ± 1,4 c	A 52,0 ± 4,6 b	A 40,1 ± 3,0 d	A 35,4 ± 6,4 c
7	A 72,5 ± 2,4 b	B 54,6 ± 6,3 b	A 43,1 ± 3,5 d	B 29,0 ± 2,1 c
8	A 70,0 ± 4,4 b	B 48,0 ± 4,6 c	A 40,5 ± 5,6 d	B 24,6 ± 1,7 d
9	A 64,5 ± 4,2 c	B 46,8 ± 3,0 c	A 54,8 ± 2,3 c	B 37,5 ± 3,2 c
10	A 86,0 ± 1,2 a	B 58,0 ± 2,4 b	A 53,4 ± 0,6 c	B 35,0 ± 3,2 c
11	A 10,5 ± 2,4 d	A 5,7 ± 0,0 d	A 9,6 ± 1,8 f	A 5,7 ± 0,0 e
12	A 54,1 ± 1,2 c	A 52,0 ± 5,3 b	A 43,1 ± 1,7 d	B 31,1 ± 2,1 c
13	A 59,3 ± 1,2 c	B 39,4 ± 5,3 c	A 44,9 ± 4,3 d	B 29,5 ± 3,5 c
14	A 5,7 ± 0,0 d	A 5,7 ± 0,0 d	A 5,7 ± 0,0 f	A 5,7 ± 0,0 e
15	A 78,2 ± 1,2 b	A 73,4 ± 4,2 a	A 73,7 ± 1,5 a	A 69,3 ± 5,0 a
16	A 90,0 ± 0,0 a	B 76,3 ± 2,0 a	A 80,2 ± 2,3 a	B 54,8 ± 2,5 b
CV (%)	16,3		19,9	

Médias antecedidas da mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

A análise de variância para a porcentagem média de estacas vivas ao longo do período de estaquia foi significativa para a interação genótipos x AIB x datas de avaliação (Apêndice 5). Sem AIB (Tabela 9), uma semana após a estaquia os genótipos 11 e 14 destacavam-se por apresentar menor sobrevivência, resultado que se manteve até o final do experimento. As reduções mais significativas ocorreram na primeira semana e entre os 35 e 55 dias da estaquia, o que demonstra a maior capacidade das estacas coletadas no outono em se manterem vivas, em virtude da maior lignificação e presença de folhas mais “maduras”, bem como pela redução das temperaturas no ambiente interno da estufa. Quando aplicado AIB (Tabela 10), além da queda inicial da primeira semana, houve uma intensificação na terceira semana e entre os 35 e 55 dias.

A interação significativa entre genótipos x AIB foi verificada para a porcentagem de retenção de folhas (Apêndice 5). Os genótipos 15 e 16 destacaram-se, sem e com AIB (Tabela 8), por apresentar as maiores porcentagens de retenção de folhas. Os mesmos genótipos haviam apresentado maior sobrevivência, ratificando a forte relação da presença das folhas com esta variável, também observada na estaquia da primavera/verão.

Conforme havia sido observado na estaquia de primavera/verão, a presença de folhas permite a maior sobrevivência das estacas e pode influenciar no enraizamento, tanto pela síntese de carboidratos, por meio da fotossíntese, como pelo fornecimento de auxinas e outras substâncias importantes para a atividade cambial e a diferenciação celular.

TABELA 9 – Porcentagem de estacas vivas de 16 genótipos de erva-mate, sem AIB, avaliadas em diferentes dias após a estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS

Genótipos	Dias após a estaquia							
	7	14	21	28	35	55	75	95
1	A 90,0 a	A 86,0 a	B 80,2 b	B 72,9 b	B 72,9 b	C 62,2 c	C 58,3 d	C 51,7 d
2	A 83,9 a	A 83,1 a	A 83,1 a	A 82,6 a	A 82,6 a	A 75,3 b	B 66,1 c	B 62,9 c
3	A 85,8 a	A 85,0 a	A 85,0 a	A 85,0 a	A 82,1 a	A 80,2 a	A 80,2 b	A 74,8 b
4	A 81,6 a	A 81,1 a	A 78,2 b	A 74,4 b	A 70,5 b	B 63,8 c	C 53,0 d	C 49,2 d
5	A 90,0 a	A 86,0 a	A 82,1 b	A 80,2 b	A 80,2 a	B 74,8 b	B 74,8 b	B 71,6 b
6	A 85,8 a	A 85,0 a	A 82,1 b	A 76,3 b	A 74,4 b	B 65,2 c	B 56,8 d	B 52,9 d
7	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 86,0 a	B 76,3 b	B 72,5 b
8	A 85,8 a	A 85,0 a	A 85,0 a	A 84,1 a	A 84,1 a	B 75,3 b	B 70,1 c	B 70,1 b
9	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 86,0 a	A 86,0 a	B 70,9 b	B 66,4 c	B 64,5 c
10	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 86,0 a	A 86,0 a
11	A 45,0 b	B 31,7 b	C 18,3 c	C 10,5 c	C 10,5 c	C 10,5 d	C 10,5 e	C 10,5 e
12	A 81,9 a	A 78,2 a	A 76,3 b	A 76,3 b	A 74,8 b	B 60,8 c	B 56,9 d	B 54,1 d
13	A 82,1 a	A 80,2 a	A 76,3 b	A 76,3 b	A 76,3 b	B 67,1 c	B 62,2 c	B 59,3 c
14	A 5,7 c	A 5,7 c	A 5,7 d	A 5,7 c	A 5,7 c	A 5,7 d	A 5,7 e	A 5,7 e
15	A 86,0 a	A 86,0 a	A 86,0 a	A 86,0 a	A 86,0 a	A 86,0 a	A 78,2 b	A 78,2 b
16	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a
CV (%)	11,3							

Médias antecedidas da mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

TABELA 10 – Porcentagem de estacas vivas de 16 genótipos de erva-mate, com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, avaliadas em diferentes dias após a estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS

Genótipos	Dias após a estaquia							
	7	14	21	28	35	55	75	95
1	A 90,0 a	B 81,3 b	B 77,4 b	B 77,4 b	C 71,6 b	C 61,1 b	D 48,0 c	E 30,7 d
2	A 73,3 b	A 73,3 b	A 70,5 c	A 70,5 c	A 69,0 b	A 63,8 b	B 54,5 b	B 48,1 c
3	A 85,8 a	A 83,0 a	A 80,2 b	A 80,0 b	A 80,2 a	B 64,2 b	B 57,0 b	B 55,7 b
4	A 81,6 b	A 80,2 b	A 80,2 b	A 72,9 c	B 69,0 b	B 67,5 b	C 61,1 b	C 55,8 b
5	A 81,6 b	A 81,1 b	B 70,5 c	B 68,6 c	B 67,1 b	C 54,2 b	C 46,8 c	C 40,7 c
6	A 90,0 a	A 86,0 a	A 86,0 a	B 74,4 c	B 71,0 b	C 62,7 b	C 57,1 b	C 52,0 c
7	A 79,8 b	A 79,2 b	A 78,3 b	A 78,3 b	A 70,5 b	B 64,9 b	B 57,2 b	B 54,6 b
8	A 85,8 b	A 76,8 b	B 71,0 c	B 67,1 c	B 67,1 b	C 58,3 b	C 49,3 c	C 48,0 c
9	A 77,4 b	A 74,3 b	A 72,4 c	A 69,0 c	A 67,1 b	A 63,7 b	B 55,4 b	B 46,8 c
10	A 85,8 a	A 80,2 b	A 80,2 b	A 76,3 b	A 76,3 b	B 63,7 b	B 60,8 b	B 58,1 b
11	A 67,5 b	B 46,8 c	C 31,9 d	D 14,9 d	D 5,7 c	D 5,7 c	D 5,7 b	D 5,7 e
12	A 78,7 b	A 78,7 b	A 78,7 b	A 69,5 c	A 69,5 b	B 58,5 b	B 53,4 b	B 52,1 b
13	A 86,0 a	A 80,2 b	B 67,1 c	B 67,1 c	B 65,7 b	C 51,8 b	C 45,7 c	C 39,4 c
14	A 5,7 c	A 5,7 d	A 5,7 e	A 5,7 d	A 5,7 c	A 5,7 c	A 5,7 b	A 5,7 e
15	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 86,0 a	A 86,0 a	A 84,1 a	B 77,4 a	B 73,5 a
16	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	A 90,0 a	B 82,1 a	B 76,3 a
CV (%)	11,3							

Médias antecedidas da mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

As menores porcentagens de retenção de folhas, sem o tratamento de AIB, foram proporcionadas pelos genótipos 11 e 14, seguido do genótipo 1. Para as estacas com AIB, além dos genótipos citados, também o genótipo 2 apresentou baixas porcentagens, entre 5,7% e 12,7%.

Como observado para a sobrevivência das estacas, os resultados indicam que o uso do AIB não se mostrou eficiente para a retenção de folhas (Tabela 8), não incrementando a queda das folhas apenas nos genótipos 4, 6, 11, 14 e 15, sendo que nos genótipos 11 e 14 a retenção foi baixa independente do AIB.

A queda mais intensa de folhas (Tabela 11) ocorreu nas primeiras três semanas, praticamente se estabilizando até os 95 dias. Este comportamento é semelhante ao ocorrido na estaquia de primavera/verão, possivelmente em decorrência de um estresse causado às estacas a partir da separação da planta matriz, passando pelo preparo das estacas e a colocação no leito de enraizamento. As temperaturas mais baixas nos meses que se seguiram (maio, junho) podem ter contribuído para estabilizar a queda de folhas.

A análise de variância demonstrou que houve efeito significativo de genótipos de erva-mate e de AIB, independentemente, na porcentagem de estacas brotadas (Apêndice 4). A taxa de brotação foi baixa em todos os genótipos estudados (Tabela 12), como também havia sido verificado na estaquia de primavera/verão.

TABELA 11 - Porcentagem média (média de sem e com AIB) de retenção de folhas de 16 genótipos de erva-mate, avaliadas em diferentes dias após a estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS

Genótipos	Dias após a estaquia							
	7	14	21	28	35	55	75	95
1	A 20,8 g	A 19,8 g	A 19,1 e	A 18,5 e	A 18,5 f	A 19,1 f	A 18,5 f	A 17,9 f
2	A 34,3 f	A 31,6 f	A 29,2 d	A 28,5 d	A 28,5 e	A 28,5 e	A 28,5 e	A 28,5 e
3	A 57,9 c	A 54,6 c	A 53,2 b	A 53,2 b	A 53,2 b	A 52,8 b	A 52,8 b	A 52,5 b
4	A 53,3 d	A 49,2 d	B 41,9 c	B 41,9 c	B 41,0 d	B 40,1 d	B 38,8 d	B 38,8 d
5	A 51,6 d	B 43,9 e	C 40,2 c	C 38,8 c	C 36,6 d	C 35,9 d	C 35,3 d	C 34,7 d
6	A 68,4 b	B 55,6 c	C 50,8 b	C 47,1 b	D 43,1 d	D 41,3 d	D 38,7 d	D 37,7 d
7	A 44,4 e	A 41,5 e	A 39,3 c	A 38,1 c	A 38,1 d	A 37,0 d	A 36,7 d	A 36,1 d
8	A 59,4 c	B 47,7 d	C 42,4 c	C 39,1 c	D 36,4 d	D 34,5 d	D 33,0 d	D 32,6 e
9	A 59,5 c	A 54,8 c	A 52,3 b	B 50,1 b	B 48,4 c	B 47,7 c	B 46,4 c	B 46,1 c
10	A 61,8 c	B 54,5 c	C 47,8 b	C 46,8 b	C 45,9 c	C 44,9 c	C 44,5 c	C 44,2 c
11	A 8,4 h	A 8,1 h	A 8,1 f	A 7,6 f	A 7,6 g	A 7,6 g	A 7,6 g	A 7,6 g
12	A 53,6 d	B 46,2 d	C 41,5 c	C 40,2 c	C 38,7 d	C 38,1 d	C 37,2 d	C 37,2 d
13	A 46,7 e	B 40,3 e	B 38,5 c	B 38,2 c	B 37,5 d	B 37,2 d	B 37,2 d	B 37,2 d
14	A 5,7 h	A 5,7 h	A 5,7 f	A 5,7 f	A 5,7 g	A 5,7 g	A 5,7 g	A 5,7 g
15	A 79,2 a	A 75,0 a	A 73,9 a	A 72,1 a	A 71,8 a	A 71,5 a	A 71,5 a	A 71,5 a
16	A 74,7 a	A 65,2 b	A 69,5 a	A 68,8 a	A 68,5 a	A 68,5 a	A 67,9 a	A 67,5 a
CV (%)	15,1							

Médias antecedidas da mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

TABELA 12 – Porcentagem de estacas brotadas de 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, em estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS

Genótipos	Estacas brotadas (%)
1	14,0 ± 3,0 b
2	15,0 ± 4,4 a
3	21,0 ± 4,0 a
4	5,7 ± 0,0 b
5	10,5 ± 1,4 b
6	10,5 ± 2,4 b
7	15,7 ± 2,2 a
8	11,1 ± 1,7 b
9	12,6 ± 1,6 b
10	15,7 ± 1,7 a
11	5,7 ± 0,0 b
12	17,3 ± 1,7 a
13	7,2 ± 0,6 b
14	5,7 ± 0,0 b
15	15,7 ± 2,2 a
16	25,5 ± 3,5 a
Tratamento de AIB	
Sem AIB	15,6 a
Com AIB	10,4 b
Média	13,0
CV (%)	58,3

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Apesar de baixas, as maiores porcentagens de brotação ocorreram nos genótipos 2, 3, 7, 10, 12, 15 e 16, variando entre 15,0% e 25,5%. Sem o uso do AIB houve um pequeno acréscimo médio da brotação, de 5,2%.

Interação significativa entre genótipos x AIB foi verificada para a porcentagem de estacas enraizadas (Apêndice 4). De modo geral, foram muito baixas as porcentagens de enraizamento. Sem o tratamento com AIB, se destacaram os genótipos 4, 13 e 15, com percentuais variando entre 14,7% e 24,5% (Tabela 12). Com AIB, os genótipos 15 e 16 apresentaram maior enraizamento (63,7% e 61,1%, respectivamente), seguidos dos genótipos 4, 6, 12 e 13, com porcentagens entre 24,5% e 33,9%. O tratamento com AIB incrementou o enraizamento dos genótipos 4, 6, 12, 13, 15 e 16, não diferindo para os demais genótipos. Mindêllo Neto (2006) relata que ocorreu aumento da porcentagem de estacas enraizadas de pessegueiro quando mantidas nas estacas até quatro folhas.

Comparando os enraizamentos obtidos nas duas épocas estudadas (Tabelas 6 e 13), se conclui que a estaquia no outono/inverno apresentou resultados muito inferiores, exceto para os genótipos 15 e 16, que revelaram aumento. Destaque para o genótipo 1, planta de onde são coletadas as sementes para a produção de mudas de Cambona 4, que apresentou 51,7% de enraizamento com AIB. Já o genótipo 15 (Cambona 4), cujas mudas foram obtidas de sementes teoricamente coletadas do genótipo 1, apresentou bons resultados nas duas épocas. Para Bittencourt (2009), a primavera e o outono foram as melhores épocas para o enraizamento de estacas de erva-mate, sendo que, com a aplicação de 4.500 mg L^{-1} de AIB no outono, o enraizamento foi de 87,5%.

TABELA 13 – Porcentagem de estacas enraizadas e com calos em 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, em estadia no outono/inverno. Passo Fundo, RS

Genótipos	Estacas enraizadas (%)			Estacas com calo (%)		
	Sem AIB	Com AIB		Sem AIB	Com AIB	
1	A 5,7 ± 0,0	b A 8,7 ± 1,2	c	A 37,9 ± 6,4	c B 10,5 ± 2,4	c
2	A 5,7 ± 0,0	b A 5,7 ± 0,0	c	A 43,1 ± 1,4	c B 18,3 ± 2,3	b
3	A 5,7 ± 0,0	b A 5,7 ± 0,0	c	A 65,1 ± 7,6	b A 51,6 ± 2,3	a
4	B 14,7 ± 1,2	a A 24,5 ± 2,0	b	A 25,5 ± 5,0	c A 25,5 ± 3,6	b
5	A 5,7 ± 0,0	b A 8,7 ± 1,2	c	A 65,7 ± 6,0	b B 28,3 ± 4,8	b
6	B 11,7 ± 1,4	b A 31,4 ± 4,6	b	A 38,3 ± 1,4	c B 18,3 ± 2,3	b
7	A 5,7 ± 0,0	b A 5,7 ± 0,0	c	A 59,2 ± 8,1	b B 40,3 ± 5,2	a
8	A 5,7 ± 0,0	b A 15,2 ± 2,8	c	A 62,8 ± 6,0	b B 30,0 ± 3,4	b
9	A 5,7 ± 0,0	b A 5,7 ± 0,0	c	A 58,5 ± 4,6	b A 61,5 ± 6,1	a
10	A 5,7 ± 0,0	b A 10,5 ± 2,4	c	A 50,6 ± 8,6	b B 25,6 ± 8,6	b
11	A 5,7 ± 0,0	b A 5,7 ± 0,0	c	A 10,5 ± 2,4	d A 5,7 ± 0,0	c
12	B 5,7 ± 0,0	b A 25,5 ± 5,0	b	A 51,6 ± 1,2	b B 16,7 ± 3,6	b
13	B 15,2 ± 2,8	a A 33,9 ± 5,7	b	A 43,0 ± 4,2	c B 5,7 ± 0,0	c
14	A 5,7 ± 0,0	b A 5,7 ± 0,0	c	A 5,7 ± 0,0	d A 5,7 ± 0,0	c
15	B 24,5 ± 2,0	a A 63,7 ± 5,7	a	A 27,2 ± 3,1	c B 8,7 ± 1,2	c
16	B 8,7 ± 1,2	b A 61,1 ± 6,3	a	A 86,0 ± 1,2	a B 13,5 ± 2,3	c
CV (%)	47,7			36,2		

Médias antecedidas da mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Os melhores resultados, de maneira geral, obtidos com a estaquia na primavera/verão, comparados com o outono/inverno, podem ser atribuídos à maior concentração nas plantas matrizes de auxinas e cofatores, sintetizadas principalmente em órgãos que estão em crescimento ativo, como gemas apicais e folhas jovens, e menor concentração de inibidores. Além disso, possivelmente deve ter contribuído a condição de maior juvenilidade das estacas (textura mais herbácea e menos diferenciada), bem como a temperatura mais favorável do substrato para a divisão celular (formação de raízes), em consequência da temperatura ambiental se encontrar mais elevada e a água de irrigação menos fria.

Interação significativa entre genótipos x AIB foi verificada para a porcentagem de estacas com calo (Apêndice 4). Sem AIB, o genótipo 16, com baixa porcentagem de enraizamento, apresentou maior porcentagem de estacas com calo (86,0%), seguido por outros 7 genótipos, com 50,6% a 65,7% das estacas com calo (Tabela 13). Já para as estacas tratadas com AIB, os genótipos 3, 7 e 9 apresentaram maiores porcentagens de formação de calo (51,6%, 40,3% e 61,5%, respectivamente). Comparando os tratamentos sem e com AIB, é possível observar que a porcentagem de estacas com calo foi maior, de modo geral, sem AIB. O fato se justifica, em parte, por alguns genótipos terem apresentado menos estacas enraizadas nesta condição. Entretanto, verifica-se também, que quando o AIB não melhorou o enraizamento, da mesma forma não favoreceu a maior formação de calo, comparado ao não uso do AIB.

Bittencourt (2009) constatou maior porcentagem de estacas de erva-mate com calo na estaquia de outono. Quadros (2009)

relata que a taxa de enraizamento de estacas de erva-mate foi maior quando a formação de calo foi menor. Estes resultados sugerem que a presença de calo pode interferir positivamente na diminuição da taxa de mortalidade, mas negativamente na taxa de enraizamento. No entanto, segundo Hartmann et al. (2002), a produção de calo pode ser benéfica em plantas que enraízam lentamente, pois proporciona uma capa protetora que retarda o aparecimento de podridão, embora o crescimento de calo possa interferir na absorção de água pela estaca.

A análise de variância demonstrou que houve efeito significativo da interação genótipos x AIB para o comprimento da maior raiz (Apêndice 6). Em estacas sem AIB, destaque para o genótipo 15 (3,8 cm), seguido dos genótipos 3, 6 e 13 (1,4 cm a 2,3 cm) (Tabela 14). Para as estacas tratadas com AIB, os genótipos 13, 15 e 16 apresentaram maior raiz (4,7 cm, 5,2 cm e 5,1 cm, respectivamente), seguidos pelo genótipo 6 (3,0 cm).

Quando comparados os tratamentos sem o com AIB, verifica-se que o uso do AIB proporcionou maior comprimento da maior raiz apenas nos genótipos 12, 13 e 16. Já na estaquia realizada na primavera/verão, de modo geral, o uso do AIB estimulou o enraizamento e o comprimento da maior raiz (Tabelas 6 e 7). Quadros et al. (2009), utilizando AIB em microestacas de erva-mate, não obtiveram resultados significativos para a variável comprimento da maior raiz.

TABELA 14 – Comprimento da maior raiz de 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, em estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS

Genótipos	Comprimento da maior raiz (cm)					
	Sem AIB		Com AIB			
1	A	0,0 ± 0,00	c	A	0,2 ± 0,14	d
2	A	0,0 ± 0,00	c	A	0,0 ± 0,00	d
3	A	1,4 ± 0,00	b	A	0,0 ± 0,00	d
4	A	0,8 ± 0,17	c	A	1,4 ± 0,09	c
5	A	0,0 ± 0,00	c	A	1,0 ± 0,58	c
6	A	2,3 ± 1,16	b	A	3,0 ± 0,33	b
7	A	0,0 ± 0,00	c	A	0,0 ± 0,00	d
8	A	0,0 ± 0,00	c	A	1,4 ± 0,53	c
9	A	0,0 ± 0,00	c	A	0,0 ± 0,00	d
10	A	0,0 ± 0,00	c	A	0,5 ± 0,30	d
11	A	0,0 ± 0,00	c	A	0,0 ± 0,00	d
12	B	0,0 ± 0,00	c	A	2,1 ± 0,44	c
13	B	1,4 ± 0,50	b	A	4,7 ± 0,38	a
14	A	0,0 ± 0,00	c	A	0,0 ± 0,00	d
15	A	3,8 ± 0,62	a	A	5,2 ± 0,10	a
16	B	1,0 ± 0,62	c	A	5,1 ± 0,30	a
CV (%)				108,5		

Médias antecedidas da mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma minúscula na coluna, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Para a massa fresca e seca de raízes foi verificada interação significativa entre genótipos x AIB (Apêndice 6). O genótipo 15 (Cambona 4) apresentou diferença significativa em relação aos demais genótipos, com maior massa fresca e seca, sem e com AIB (Tabela 15). Com AIB, estacas dos genótipos 13 e 16 apresentaram massa fresca e seca maior que os demais genótipos, exceto em relação ao genótipo 15.

Comparando os tratamentos sem o com AIB, verifica-se

que o uso do AIB proporcionou diferenças na massa fresca e seca das raízes para os genótipos 13, 15 e 16 (Tabela 15). Na estaquia realizada na primavera/verão, em que o enraizamento foi mais bem sucedido, houve incrementos nestas variáveis com o uso do AIB (Tabela 7).

Portanto, o trabalho realizado demonstra que a técnica de estaquia é viável na propagação da erva-mate, necessitando, para tanto, que sejam selecionadas matrizes de elevada qualidade da matéria-prima e produtividade, combinado com satisfatória capacidade de enraizamento.

TABELA 15 – Massa fresca e seca de raízes de estacas de 16 genótipos de erva-mate, tratados sem e com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, em estadia no outono/inverno. Passo Fundo, RS

Genótipo	Massa fresca das raízes (g)		Massa seca das raízes (g)	
	Sem AIB	Com AIB	Sem AIB	Com AIB
1	A 0,008 ± 0,00	b A 0,071 ± 0,04	c A 0,000 ± 0,00*	b A 0,010 ± 0,01
2	A 0,008 ± 0,00	b A 0,005 ± 0,00	c A 0,000 ± 0,00	b A 0,000 ± 0,00
3	A 0,008 ± 0,00	b A 0,008 ± 0,00	c A 0,000 ± 0,00	b A 0,000 ± 0,00
4	A 0,200 ± 0,05	b A 0,332 ± 0,01	c A 0,060 ± 0,02	b A 0,093 ± 0,01
5	A 0,008 ± 0,00	b A 0,080 ± 0,05	c A 0,000 ± 0,00	b A 0,020 ± 0,01
6	A 0,280 ± 0,10	b A 0,340 ± 0,07	c A 0,041 ± 0,01	b A 0,097 ± 0,02
7	A 0,008 ± 0,00	b A 0,007 ± 0,00	c A 0,000 ± 0,00	b A 0,000 ± 0,00
8	A 0,007 ± 0,00	b A 0,166 ± 0,06	c A 0,000 ± 0,00	b A 0,042 ± 0,02
9	A 0,008 ± 0,00	b A 0,007 ± 0,00	c A 0,000 ± 0,00	b A 0,000 ± 0,00
10	A 0,007 ± 0,00	b A 0,032 ± 0,02	c A 0,000 ± 0,00	b A 0,000 ± 0,00
11	A 0,009 ± 0,00	b A 0,004 ± 0,00	c A 0,000 ± 0,00	b A 0,000 ± 0,00
12	A 0,006 ± 0,00	b A 0,360 ± 0,07	c A 0,000 ± 0,00	b A 0,055 ± 0,02
13	B 0,122 ± 0,04	b A 1,727 ± 0,28	b B 0,020 ± 0,01	b A 0,262 ± 0,05
14	A 0,007 ± 0,00	b A 0,008 ± 0,00	c A 0,000 ± 0,00	b A 0,000 ± 0,00
15	B 1,320 ± 0,35	a A 4,720 ± 0,54	a B 0,206 ± 0,04	a A 0,521 ± 0,05
16	B 0,050 ± 0,03	b A 2,265 ± 0,14	b B 0,000 ± 0,00	b A 0,258 ± 0,03
CV (%)		119,5		114,1

Médias antecedidas da mesma letra maiúscula na linha, e seguidas de mesma minúscula na coluna não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. * Massa seca de 0,000g se justifica pela reduzida formação de raízes.

5 CONCLUSÕES

a) A capacidade de enraizamento varia entre genótipos de erva-mate e depende da época de estaquia.

b) De modo geral, a estaquia na primavera/verão possibilita melhores resultados que no outono/inverno.

c) O uso do ácido indolbutírico (AIB), na dose de 6.000 mg L⁻¹, estimula ou não prejudica o enraizamento, sendo recomendado.

d) Realizada a estaquia na primavera/verão e tratando com AIB, os genótipos 1, 2, 6, 8, 11, 12 e 15 (Cambona 4) apresentam maior enraizamento (46,7% a 63,6%).

e) Para os genótipos 15 (Cambona 4) e 16, com AIB, é viável a estaquia no outono/inverno, com percentuais de enraizamento de 63,7% e 61,1%, respectivamente.

f) A capacidade dos genótipos reterem as folhas mantidas nas estacas influencia positivamente na sobrevivência e no enraizamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os genótipos estudados, destacamos a progênie Cambona 4 (genótipo 15), cujas mudas, obtidas por semente, têm sido muito plantada pelos produtores rurais. Este genótipo apresentou satisfatória multiplicação por estacas nas duas épocas estudadas. Com a estaquia em novembro (primavera/verão), o enraizamento não diferiu sem e com AIB (46,8% e 50,2%, respectivamente), mostrando razoável potencial de enraizamento mesmo sem o uso de regulador. Já na estaquia em março (outono/inverno), o enraizamento foi baixo (24,5%) sem AIB, mas incrementado com o uso do AIB (63,7%).

Portanto, abre-se uma possibilidade de multiplicação da Cambona 4 por estaquia. Porém, considerando que a planta matriz utilizada era oriunda de semente, torna-se necessário dar continuidade à pesquisa avaliando a possível variabilidade no potencial de enraizamento entre plantas da mesma progênie.

Além da Cambona 4, outros genótipos apresentaram bom enraizamento, selecionados para o trabalho levando em conta apenas aspectos visuais de vigor, enfolhamento e produtividade. Para a multiplicação vegetativa comercial, torna-se necessário avançar na caracterização química das folhas, no sentido de verificar se a qualidade da matéria-prima é adequada ao mercado consumidor.

Com o objetivo de alcançar melhores resultados, futuros trabalhos deverão testar outras épocas de coleta das estacas, mais cedo e intermediárias; diferentes doses de AIB e/ou tempo de tratamento; bem como dar continuidade ao resgate de genótipos nativos com grande potencial, situados também em outras regiões do RS.

REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. *Clonagem e doenças do eucalipto*. 1. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 442 p.

ANDRADE, F. M. Diagnóstico da cadeia produtiva da (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) erva-mate. Campinas: Unicamp, 1999. Disponível em: <<http://www.unicamp.br>>. Acesso em: 20 abr. 2011.

ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (ed.) *Cultura de tecidos e transformação genética de plantas*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1998. p. 261-296.

BACKES, P; IRGANG, B. *Árvores do Sul: guia de identificação e interesse ecológico*. 1. ed. Porto alegre: Instituto Souza Cruz, 2002. 326 p.

BENDLIN, R. C. S. *Secagem convectiva de erva-mate (Ilex paraguariensis)*. 2003. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2003.

BERKAI, D.; BRAGA, C. *500 Anos da história da erva-mate*. 1. ed. Porto Alegre: Atlas. 2000. 97 p.

BITTENCOURT, J. de. *Otimização de enraizamento de estacas de plantas adultas de erva-mate*. 2009. 162 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BLAZICH, F. A. Mineral nutrition and adventitious rooting. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. *Adventitious root formation in cuttings*. Portland: Dioscorides Press, 1987. p. 61-69.

BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; ROVEDA, L. F.; ORRUTÉA, A. G. Ambiente de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 257-267, 2007.

BRONDANI, G. E.; ARAUJO, M. A. de.; Wendling, I.; KRATZ, D. Enraizamento de miniestacas de erva-mate sob diferentes ambientes. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, n. 57, p. 29-38, 2008.

CARVALHO, P. E. R. *Espécies arbóreas brasileiras*. 1 ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 1039 p.

CHIARADIA, L. A; MILANEZ, J. M; ZIDKO, A. Estimativa das gerações anuais de *Gyropsylla spegazziniana* (LIZER, 1917) em função de sua exigência térmica. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 385-391, 2002.

CHUNG, D. Y.; LEE, K. J. Effects of clones, ortet age, crown position, and rooting substance upon the rooting of cuttings of Japanese larch (*Larix leptolepis* S. et Z. Gordon). *Forestry Genetics Research Institute*, v. 83, n. 2, p. 205-210, 1994.

COELHO, G. C. ; Marital J. E. de A.; SCHENKEL E. P. Populational Diversity on Leaf Morphology of Maté (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., Aquifoliaceae). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. v. 45, n. 1, p. 47-51, 2002.

COLUSSI, J. ; PRESTES, N. P. Frugivoria realizada por aves em *Myrciaria trunciflora* (Mart) O. Berg. (Myrtaceae), *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) e *Ilex paraguariensis* St. Hil. no norte do estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ornitologia*, São Paulo, v. 19, n.1, p.48-55, 2011.

CUNHA, G. R. *Meteorologia: fatos e mitos*. Passo Fundo: Embrapa CNPT, 1997. 268 p.

DA CROCE, D. M.; FLOSS, P. A. *Cultura da erva-mate no Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 1999. 81p. (Boletim Técnico, 100).

DA CROCE, D. M.; FLOSS, P. A.; NADAL, R. de. Erva-mate em alta densidade. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 19-22, 1996.

EDWIN, G.; REITZ, P. R. *Flora ilustrada catarinense*. 1. ed. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1967. 47 p.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARDWIID, C.; WYK, G. *Eucalypt domestication and breeding*. 1 ed. Oxford: Clarendon Press, 1994, 312 p.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. *Propagação de plantas frutíferas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 221 p.

FERRARI, M. P.; GROSSI, F.; WENDLING, I. *Propagação vegetativa de espécies florestais*. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 22 p. (Documentos, 94).

FERREIRA, A. G.; ALMEIRA-CORTEZ, J. S.; CUNHA, G. G. Fitoecologia de *Ilex paraguariensis* com ênfase na embriologia experimental. 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. da UFRGS, 1995. p.161-172.

FLOSS, E. L. *Fisiologia de Plantas Cultivadas: o estudo que está por trás do que você vê*. 3. ed. Passo Fundo: UPF Editora, 2006. 751 p.

FOCHESATO, M. L.; MARTINS, F. T.; SOUZA, P. V. D.; SCHWARZ, S. F. ; BARROS, I. B. I. Propagação de louro (*Laurus nobilis* L.) por estacas semilenhosas com diferentes quantidades de folhas e tratadas com ácido indolbutírico. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 72-77, 2006.

GARCIA, M. V. S. C. La propagación vegetativa en el genero *Pinus*. *Ciência Florestal*, México, v.2, n. 7, p. 3-29, 1977.

GOMES, A. L. *Propagação clonal: princípios e particularidades*. 1. ed. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1987. 69 p.

GRAÇA, N. E. C.; COOPER, M. A.; TAVARES, F. R.; CARPANEZZI, A. A. *Estaquia da erva mate*. Curitiba: Embrapa - CNPF, 1988. (Circular Técnica, 18).

GRAÇA, M. E. C.; TAVARES, F. R.; RODIGHERI, H. R.; COOPER, M. A. *Produção de mudas de erva-mate por estaquia*. Curitiba: Embrapa Florestas/Emater, 1990. 20 p.

HACKETT, W. P. Donnor plant maturation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E. (Ed.). *Adventitious root formation in cuttings*. Portland: Dioscorides Press, 1988. p. 11-28.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR, F. T.; GENEVE, R. L. *Plant propagation: principles and practices*. 7. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002. 880 p.

HIGA, R. C. V. Propagação vegetativa da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) por estaquia. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 10., 1983, Curitiba. *Anais...* Colombo: CNPF/Embrapa, 1983. p.119-123.

IBGE/PAM. *Agricultura RS em destaque: produtos selecionados - erva - mate*. Disponível em: <<http://www.saa.rs.gov.br/uploads/1270060219Erva-Mate.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2011.

IRATINI, C.; SOARES, R.V. Ação de reguladores de crescimento em estacas de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire. *Revista Floresta*, Curitiba, v. 2, n. 12, p. 59-67, 1981.

IRITANI, C. *Ação de reguladores de crescimento na propagação vegetativa por estaquia de Ilex paraguariensis Saint Hilaire e Araucária angustifolia (Bert.) O. Ktze*. 1981. 163 f. Dissertação (Setor de Ciências Agrárias) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1981.

IRITANI, C.; SOARES, R.V.; GOMES, A.V. Aspectos morfológicos da aplicação de reguladores do crescimento nas estacas de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire. *Acta Biologica Paranaense*, Curitiba, v. 15, n. 1-4, p. 21-46, 1986.

JACOMINI, P.; LIMA, D. M. de.; IRITANI, C. *Ilex paraguariensis* St. Hilaire: influência das condições fisiológicas no enraizamento de estacas. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 51., 2000, Brasília. *Resumos...* Brasília: Sociedade Botânica do Brasil, 2000. p.50.

JOLY, A. B. *Botânica: introdução à taxinomia vegetal*. 12. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1998. 777 p.

KÄMPF, A. N. Temperatura. In: KÄMPF, A. N. (Coord.) *Produção comercial de plantas ornamentais*. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 115–123.

KASPARY, R. *Erva-mate: aspectos gerais*. Venâncio Aires: Treze de Maio, 1991. 40 p.

KNAPIK, J. G.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; CARPANEZZI, A. A.; TAVARES, F. R.; KOEHLER, H. S. Influência da época de coleta e da aplicação de ácido indol butírico na propagação por estaquia da *Tibouchina pulchra* (Cham.) Cogn. (quaresmeira). *Iheringia*, Porto Alegre, v. 58, n. 2, p. 171-179, 2003.

KRIKUN, S. D. Propagación vegetativa de plantas adultas de yerba mate. In: WINGE, H.; FERREIRA, A. G.; MARIÍTA, J. E. A.; TARASCONI, L. C. (Org.). *Erva-mate: biologia e cultura no Cone Sul*. Porto Alegre: UFRGS, 1995. p. 137-150.

KUMMER, C. I.; MOURA, G. M. S.; ALMEIDA, R. M. Erva Mate. Disponível em:
<http://www.projetos.unijui.edu.br/matematica/modelagem/erva_mate/indx.html. Acesso em: 20 abr. 2011.

LINHARES, T. *História econômica do mate*. 1. ed. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora, 1969. 522 p.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 3. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2000. 352 p.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. v. 1. 383 p.

LOURENÇO, R. S.; MEDRADO, M. J. S.; FOWLER, J. A. P.; MOSELE, S. Adubação da erva-mate. 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. 299-304.

LUNA, C.; SANSBERRO, P.; MROGINSKI, L.; TARRAGÓ, J. Micropropagation of *Ilex dumosa* (Aquifoliaceae) from nodal segments in a tissue culture system. *Biocell*, Mendoza, v. 27, n. 2, p. 205-212, 2003.

MACCARI, J. A.; MAZUCHOWSKI, J. Z. *Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate*. Curitiba: Câmara Setorial Produtiva da Erva-Mate do Paraná, 2000. 160 p.

MALVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas: perspectivas biológicas e operacionais. *Floresta e Ambiente*, Itaguaí, v. 1, n. 1, p. 131-135, 1994.

MARTINEZ, J.; PRESTES, N. P.; NOETZOLD, R. Os ambientes do papagaio-charão (*Amazona pretrei*): fisionomia e estrutura da vegetação. In: MARTINEZ, J.; PRESTES, N. P. (Org.) *Biologia da conservação: estudo de caso com o papagaio-charão e outros papagaios brasileiros*. Passo Fundo: UPF editora, 2008. p. 105-138.

MAYER, N. A.; PEREIRA, F. M. Enraizamento de estacas herbáceas de quatro clones de umezeiro (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) durante o inverno ameno, em Jaboticabal-SP. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 505-507, 2003.

MEDRADO, M. J. S. Apresentação. Cultivo da erva-mate. In: Embrapa Florestas, 2005. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Erva-mate/CultivodaErvaMate/apresentacao.htm>>. Acesso em: 27 fev. 2011.

MENDES, R. M. O. *Caracterização e avaliação da erva-mate (Ilex paraguariensis St Hill) beneficiada no Estado de Santa Catarina*. 2005. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, UFSC. Florianópolis, 2005.

MINDÉLLO NETO, U. R. Estaquia herbácea de pessegueiro cv. Charme, em função de diferentes concentrações de ácido indolbutírico (AIB) e número de folhas. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.12, n.1, p.27-29, 2006.

MOTA, F. S. da. Mapeamento de horas de frio para indicação do cultivo de fruteiras criófilas no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.14, n.1, p.83-88, 1992.

MOTA, F. S.; BEIRSDORF, M. I. C.; GARCEZ, J. R. B. *Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Porto Alegre: Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária do Sul, v.1, 1970. 80 p. (Circular, 50).

NIENOW, A. A.; CHURA, G.; PETRY, C.; COSTA, C. Enraizamento de estacas de quaresmeira em duas épocas e concentrações de ácido indolbutírico. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 16, n. 1, p. 139-142, 2010.

NORRBOM, A.L.; CARROL, L.; FREIDBERG E. Systematic database of names. In: THOMPSON, F.C. (Ed). *Fruit fly expert identification system and systematic information database*.

OLIVA, E.V. *Composição química e produtividade de procedências e progênies de erva-mate (Ilex paraguariensis St. Hil.) cultivadas em Latossolo Vermelho distrófico no município de Ivaí – PR*. 2007. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. *Propagação vegetativa de espécies florestais*. Viçosa: UFVMG, 2001. 46 p. (Série Cadernos Didáticos, 83).

PASINATO, R. *Aspectos etnoentomológicos, socioeconômicos e ecológicos relacionados à cultura da erva-mate (Ilex Paraguariensis) no Município de Salto do Lontra, Paraná*. 2003. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agrossistemas). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiros/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PENTEADO, S. do R. C. Principais pragas da erva-mate e medidas alternativas para o seu controle. In: WINGE, H., FERREIRA, A. G.; MARIATH, J. E. *Erva-mate: biologia e controle no Cone Sul*. Porto Alegre : UFRGS, 1995. p. 109-120.

QUADROS, K. M. *Propagação vegetativa de erva-mate (Ilex paraguariensis Saint Hilaire – Aquifoliaceae)*. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

QUADROS, K. M.; BISOGNIN, D. A.; SILVEIRA, R. T. Efeito do ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de microestacas de erva-mate. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 9.; SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, Recife, 6., 2009, Recife.

REDIGIREI, H. R.; DOSSA, D.; VIELCAHUAMAN, L. J. M. Sistemas de produção. Cultivo da erva-mate. In: Embrapa Florestas, 2005. Disponível em: <http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ervamate/cultivodaErvaMate/01_importância_socioec.htm>. Acesso em: 27 fev. 2011.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. *Projeto madeira de Santa Catarina*. 1. ed. Itajaí: Sellowia, 1978. 320 p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. *Projeto madeira do Rio Grande do Sul*. 1. ed. Itajaí: Sellowia, 1988. 525 p.

ROTTA, E.; OLIVEIRA, Y. M. M. Sistemas de produção. Cultivo da erva-mate. In: Embrapa Florestas, 2005. Disponível em: <http://sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ervamat e/cultivodaErvaMate/02_distrib_geografica.htm>. Acesso em: 27 fev. 2011.

SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BRONDANI, G. E.; RESINAM, C. B.; ORRUTÉA, A. G.; ROVEDA, L. F. Crescimento de mudas de erva-mate fertilizadas com N, P e K. *Scientia Agraria*, Curitiba, v.9, n. 1, p. 59-66, 2008.

SILVA, E. T. da; BICCA NETO, H.; FOLTRAN, B. N. Materiais de cobertura na produção de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill). *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 103-109, 2007.

SOUZA, J. L. M. de; ARAUJO, M. A.; BRONDANI, G. E.; REISSMANN, C. B.; MACCARI JÚNIOR, A.; WOLF, C. S. Exportação de nutrientes foliares em diferentes tipos de poda na cultura da erva-mate. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 177-185, 2008..

SOUZA, P. V. D.; CARNIEL, E.; FOCESATO, M. L. Efeito da composição do substrato no enraizamento de estacas do maracujazeiro azedo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 276-279, 2006.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. *Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação*. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 704 p.

STURION, J. A. *Produção de mudas e implantação de povoamentos com erva-mate*. Curitiba: Embrapa/CNPF, 1988. 12 p. (Circular Técnica, n.17).

SUERTEGARAY, C. E. O. *Dinâmica da cultura da erva-mate (Ilex paraguariensis st. hil) em sistemas agroflorestais e monocultivos*. 2002. 49 f. Dissertação (Mestrado Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

TAVARES, F. R.; PICHETH, J. A.; MASCHIO, L. M. de A. Alguns fatores relacionados com a estaquia da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) St. Hil. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. *Anais...* Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. p. 626-639.

TOFANELLI, M. B. D.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O. Método de aplicação de ácido indolbutírico no enraizamento de estacas herbáceas de pessegueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 363-364, 2003.

VIDOR, M. A.; RUIZ, C. P.; MORENO, S. V.; FLOSS, P. A. Variabilidade genética em um ensaio de progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 583-587, 2002.

WENDLING, I. *Propagação vegetativa de erva-mate (Ilex paraguariensis Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras*. Colombo: Embrapa/CNPF, 2004. 46 p. (Documentos, 91).

WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. Produção e sobrevivência de miniestacas e minicepas de erva-mate cultivadas em sistema semi-hidropônico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 42, n. 2, p. 289-292, 2007.

WILSON, P. J. The concept of a limiting rooting morphogen in woody stem cuttings. *Journal of Horticultural Science*, v. 9, n. 4, p. 391-400, 1994.

ZERBIELLI, L.; NIENOW, A. A. Propagação de genótipos de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) por estaquia, com e sem tratamento de fitorregulador. In: MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18., 2008, Passo Fundo. *Anais ...* Passo Fundo: UPF Editora, 2008. 1 CD-ROM.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Resumo da análise de variância para os percentuais de estacas vivas, de retenção de folhas, estacas brotadas, enraizadas e com calo de 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, em estaquia na primavera/verão. Passo Fundo, RS

Causas de variação	GL	Quadrados médios						
		% estacas vivas	% retenção de folhas	% estacas brotadas	% estacas enraizadas	% estacas com calo		
Blocos	3	62,9204	150,2786	44,0322	101,4882	32,2989		
Genótipos	15	983,0009*	921,3472*	175,8656*	1054,5145*	539,1891*		
AIB	1	1070,8902*	2233,6173*	13,5200	5478,8858*	1807,5529*		
Genótipos x AIB	15	312,4866**	335,2805*	56,1685	310,3743**	201,2372**		
Resíduo	93	178,5278	133,1326	53,2826	166,6506	103,8312		
Total	127							
CV (%)		24,9	23,5	196,8	36,3	67,9		

* significativo a 1% pelo teste F; ** significativo a 5% pelo teste F.

Apêndice 2 - Resumo da análise de variância para a porcentagem média (média de sem e com AIB) de estacas vivas e de retenção de folhas de 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L-1 de AIB, em estaquia na primavera/verão. Passo Fundo, RS

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		% estacas vivas	% retenção de folhas
Blocos	3	1180,8528	880,9515
Genótipos	15	8210,3937*	8108,0137*
AIB	1	3618,0225	12725,9551*
Genótipos x AIB	15	2086,9310**	2225,6261*
Resíduo 1	45	993,9680	859,8009
Data	7	5440,4912*	2013,5831*
Resíduo 2	21	27,0528	46,6078
Data x genótipo	105	46,4887	21,8908
Data x AIB	7	201,2452	135,4343
Data x genótipo x AIB	105	19,7387	18,4603
Resíduo 3	699	105,2759	85,4718
Total	1023		
CV 1 (%)		53,9	55,8
CV 2 (%)		8,8	12,9
CV 3 (%)		17,5	17,5

* significativo a 1% pelo teste F; ** significativo a 5% pelo teste F.

Apêndice 3 - Resumo da análise de variância para o comprimento da maior raiz, massa fresca e seca de raízes de estacas de 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, em estaquia na primavera/verão. Passo Fundo, RS

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		Comprimento da maior raiz (cm)	Massa da fresca raiz (g)	Massa seca da raiz (g)
Blocos	3	0,3745	0,0030	0,0139
Genótipos	15	0,5328*	0,0020	0,0097
AIB	1	1,8288*	0,0094**	0,0528*
Genótipos x AIB	15	0,3141	0,0016	0,0081
Resíduo	93	0,1992	0,0017	0,0089
Total	127			
CV (%)		94,9	107,1	112,3

* significativo a 1% pelo teste F; ** significativo a 5% pelo teste F.

Apêndice 4 - Resumo da análise de variância para os percentuais de estacas vivas, de retenção de folhas, de estacas brotadas, enraizadas e com calo de 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, em estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS

Causas de variação	GL	Quadrados médios					
		% estacas vivas	% retenção de folhas	% estacas brotadas	% estacas enraizadas	% estacas com calo	
Blocos	3	69,5688	48,8201	401,6036*	28,2232	51,0803	
Genótipos	15	3430,2237*	2559,9070*	253,0294*	1119,0071*	2208,6392*	
AIB	1	5087,1389*	6020,9125*	858,5643*	4043,3877*	16635,7692*	
Genótipos x AIB	15	228,6961*	167,2799*	61,2423	481,6962*	711,2445*	
Resíduo	93	76,4059	55,4311	58,0736	46,3493	154,5917	
Total	127						
CV (%)		16,3	19,9	56,3	47,7	36,2	

* significativo a 1% pelo teste F; ** significativo a 5% pelo teste F.

Apêndice 5 - Resumo da análise de variância para a porcentagem média (média de sem e com AIB) de estacas vivas e de folhas de 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6.000 mg L⁻¹ de AIB, em estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		% estacas vivas	% retenção de folhas
Blocos	3	218,4656	381,8234
Genótipos	15	31045,2749*	21970,7876*
AIB	1	12224,0664*	53356,6688*
Genótipos x AIB	15	858,3655*	1427,5152*
Resíduo 1	45	345,0963	334,6373
Data	7	10733,1899*	1913,4462*
Resíduo 2	21	35,4923	15,4979
Data x genótipo	105	238,2995*	77,0634*
Data x AIB	7	544,8142*	14,8278
Data x genótipo x AIB	105	52,6028	14,2181
Resíduo 3	699	58,1893	35,5765
Total	1023		
CV 1 (%)		27,6	45,0
CV 2 (%)		8,8	9,7
CV 3 (%)		11,3	15,1

* significativo a 1% pelo teste F; ** significativo a 5% pelo teste F.

Apêndice 6 - Resumo da análise de variância para o comprimento da maior raiz, massa fresca e seca de raízes de estacas de 16 genótipos de erva-mate, sem e com 6000 mg L⁻¹ de AIB, em estaquia no outono/inverno. Passo Fundo, RS

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		Comprimento da maior raiz (cm)	Massa fresca da raiz (g)	Massa seca da raiz (g)
Blocos	3	1,3056	0,1601	0,0016
Genótipos	15	16,9550*	4,9482*	0,0714*
AIB	1	29,6835*	8,2367*	0,1352*
Genótipos x AIB	15	3,0506*	2,0108*	0,0218*
Resíduo	93	1,3731	0,2039	0,0037
Total	127			
CV (%)		108,5	119,5	114,1

* significativo a 1% pelo teste F; ** significativo a 5% pelo teste F.