

# Enraizamento de Miniestacas de Erva-Mate sob Diferentes Ambientes

Gilvano Ebling Brondani<sup>(1)</sup>, Marla Alessandra de Araujo<sup>(2)</sup>, Ivar Wendling<sup>(3)</sup>, Dagma Kratz<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Esalq/USP, Av. Pádua Dias, 11, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba-SP. E-mail: brondani@esalq.usp.br; <sup>(2)</sup>Universidade Federal do Paraná - UFPR, Rua dos Funcionários, 1.540, Bairro Juvevê, CEP 80035-050, Curitiba-PR. E-mail: marla.agro@bol.com.br; <sup>(3)</sup>Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, Caixa Postal 319, CEP 83411-000, Colombo-PR. E-mail: ivar@cnpf.embrapa.br; <sup>(4)</sup>Universidade Federal do Paraná - UFPR, Av. Lothário Meissner, 3.400, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba-PR. E-mail: dagkratz@yahoo.com.br.

**Resumo** - Pouco se conhece a respeito da propagação vegetativa da erva-mate, principalmente em relação à miniestaquia e aos aspectos relacionados ao ambiente de enraizamento. O estudo objetivou avaliar o efeito do ambiente inicial de enraizamento sobre a sobrevivência, vigor da parte aérea e enraizamento de miniestacas da espécie. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial (3x2), sendo três clones (A7, A21 e A35) e dois ambientes de enraizamento (casa-de-vegetação simples, sem controle de temperatura e umidade e casa-de-vegetação automatizada). A sobrevivência das miniestacas na saída das casas de enraizamento e na casa-de-sombra não foram influenciadas pelo ambiente testado, com variação de 51,8 % a 71,9 %. Os clones A7 e A21 não diferiram significativamente quanto ao enraizamento, com médias de 49,1 % e 46,4 %, respectivamente. Contudo, o clone A35 mostrou-se superior quando proveniente da casa-de-vegetação automatizada, com 62,5 % de enraizamento. A casa-de-vegetação automatizada favoreceu tanto o número de folhas quanto o número e comprimento das brotações emitidas. A miniestaquia de erva-mate pode ser considerada tecnicamente viável em ambos os ambientes de enraizamento testados, apresentando resultados semelhantes.

**Termos para indexação:** *Ilex paraguariensis*, Aquifoliaceae, clonagem, propagação vegetativa, miniestaquia.

## Mate Minicuttings Rooting under Different Environments

**Abstract** - There is little knowledge about the vegetative propagation of *Ilex paraguariensis*, mainly in relation to the minicutting technique and rooting environmental aspects. This study aimed to evaluate the initial rooting environment in relation to the survival, shoot vigor and minicuttings rooting of this species. The experiment was conducted in a completely randomized design, under a factorial arrange (3x2), with three clones (A7, A21 and A35) and two rooting environments (simple greenhouse - without control of temperature and humidity; and automatized greenhouse - with automatized control). The minicutting survival in the exit of greenhouses and in the exit of shadow house was not influenced by the tested environments, with 51.8 % to 71.9 % of survival variation. The A7 and A21 clones did not present significative difference in relation to rooting, with averages of 49.1 % and 46.4 %, respectively. However, the A35 clone showed the best development (62.5 % of rooting) when it was cultivated under automatized greenhouse condition. The automatized greenhouse favored not only the characteristics leaf and shoot numbers, but also the shoot length. The minicutting technique for *I. paraguariensis* may be considered viable in both evaluated rooting environments, which presented similar results.

**Index terms:** *Ilex paraguariensis*, Aquifoliaceae, cloning, vegetative propagation, minicutting technique.

## Introdução

Nativa da floresta ombrófila mista e pertencente à família Aquifoliaceae (CARVALHO, 2003) a erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) apresenta destaque socioeconômico 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).

Para Vidor et al. (2002), o fato da erva-mate sofrer pouco com as oscilações do clima, ao compará-la com cultivos agrícolas em geral, tornou-se uma espécie de grande importância para a fixação do homem no campo, gerando fonte de renda. Suas folhas apresentam-se como o principal produto comercializado, utilizadas, principalmente, para a fabricação de chás e bebidas (COELHO et al., 2002). Aproximadamente 80 % da produção total de erva-mate processada no Brasil é

consumida pelo mercado interno (OLIVA, 2007). O restante da produção é exportada para outros países como Uruguai, Chile, Japão, Estados Unidos, Alemanha e Síria (MENDES, 2005).

O cultivo da espécie demanda a produção de mudas para atender a plantios comerciais, visando à obtenção de matéria-prima, prioritariamente às indústrias de erva-mate para chimarrão e chá (SILVA et al., 2007). No entanto, apesar de ser uma espécie utilizada há várias décadas, alguns problemas silviculturais como a germinação desuniforme e distribuída no tempo, dormência embrionária (FOWLER; STURION, 2000) e a baixa qualidade fisiológica das sementes (CUQUEL et al., 1994) ainda persistem. Além disso, as mudas utilizadas para o estabelecimento de ervais geralmente são provenientes de viveiros que não possuem programas efetivos de qualidade, o que tem resultado em plantios com baixo rendimento (SANTIN et al., 2008).

Ao levar em consideração o estabelecimento de povoamentos florestais, a produção de mudas, tanto em quantidade quanto em qualidade, representa uma das fases mais importantes e com repercussão direta na produtividade e qualidade do produto final (WENDLING et al., 2007a). Wendling (2004) ressalta que os plantios de erva-mate provenientes de sementes coletadas sem critérios técnicos apresentam desenvolvimento heterogêneo, com reflexos negativos na produtividade. Segundo o autor, esses problemas podem ser minimizados ou até solucionados por meio da obtenção de mudas via propagação vegetativa de indivíduos geneticamente superiores.

Estudos referentes à estaquia de erva-mate foram realizados com a finalidade de desenvolver protocolos para viabilizar a obtenção de mudas (IRITANI; SOARES, 1981; HIGA, 1983; GRAÇA et al., 1988), porém os resultados de enraizamento foram baixos. A propagação da espécie pela técnica de estaquia tem sido limitada por uma série de fatores, como a falta de métodos eficientes de rejuvenescimento de material adulto e técnicas de manejo do ambiente de propagação, dificuldade no manejo da nutrição e transporte das estacas pós-enraizamento (WENDLING et al., 2007b), além da ocorrência de baixos índices de enraizamento, os quais podem variar de 0 a 100 % (WENDLING, 2004).

Visando contornar tais limitações, Wendling et al. (2007b) empregaram a miniestaquia para a produção de mudas de erva-mate. Nesse estudo, os autores

observaram elevada sobrevivência de minicepas de origem seminal em sistema semi-hidropônico, a qual foi de 95,6 % após 11 coletas de brotações. Além disso, os altos índices de enraizamento de miniestacas, com média geral de 85,8 %, repercutiram na viabilização do protocolo estabelecido como método de clonagem para a espécie. Em outro estudo, Wendling e Souza Junior (2003) observaram média geral de 75 % de enraizamento de miniestacas de erva-mate de origem seminal, ao utilizarem substrato composto pela mistura de casca de arroz carbonizada, vermiculita fina e substrato comercial a base de casca de pínus decomposta (3,5:3,5:3 v/v). Os autores concluíram que a miniestaquia de erva-mate, a partir de origem seminal, na ausência de regulador de crescimento, é tecnicamente viável, tornando-se uma alternativa para a produção de mudas em menor tempo e durante todo o ano.

Por outro lado, independente da técnica empregada ser a estaquia ou a miniestaquia, o ambiente para o enraizamento inicial deve permitir a sobrevivência dos propágulos vegetativos, principalmente, pelo controle da umidade relativa do ar e da temperatura (HARTMANN et al., 2002). Para a clonagem de *Eucalyptus*, a técnica de miniestaquia já é aplicada em escala comercial (ALFENAS et al., 2004; ASSIS; MAFIA, 2007), no entanto, requer instalações especiais com sistemas de automatização, fatores que elevam os custos de produção. Como alternativa para o enraizamento de propágulos vegetativos, podem ser testados outros sistemas de controle ambiental mais simples, os quais também podem proporcionar enraizamento satisfatório, além de serem mais baratos.

Nesse sentido, Brondani et al. (2007) observaram efeito superior da casa-de-vegetação automatizada em relação à casa-de-vegetação sem controle na miniestaquia de propágulos juvenis de erva-mate. Além disso, foi constatado que o substrato composto pela mistura de casca de arroz carbonizada e casca de pínus com vermiculita (1:1 v/v) proporcionou elevado enraizamento em ambos os ambientes, em torno de 75,5 %. No entanto, estudos a esse respeito são inexistentes com propágulos oriundos de plantas adultas selecionadas.

Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do ambiente inicial de enraizamento sobre a sobrevivência, vigor aéreo e enraizamento de miniestacas oriundas de clones adultos selecionados de erva-mate.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Propagação de Plantas da *Embrapa Florestas*, Colombo, PR, de novembro de 2006 a março de 2007. Como fontes de propágulos para a miniestaquia foram utilizadas minicepas de matrizes selecionadas de erva-mate com 12 anos de idade, identificadas como A7, A21 e A35, as quais foram propagadas pelo processo de estaquia convencional. Para tanto, as estacas foram confeccionadas com tamanho de 12 cm, contendo um par de folhas reduzidas a 50 % da área foliar e tratadas com 8.000 mg.L<sup>-1</sup> de AIB. Em seguida, foram inseridas em tubetes (110 cm<sup>3</sup>) contendo a mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita média (1:1 v/v) e dispostas em casa-de-vegetação para o enraizamento.

Após o enraizamento, mudas de 8 meses de idade e com aproximadamente 15 cm de altura foram transferidas para sistema semi-hidropônico de canaletão em leito de areia. Decorrida uma semana para adaptação das mudas ao sistema procedeu-se a poda do ápice da brotação principal a uma altura de 7 cm ( $\pm 1$  cm), constituindo as minicepas para o estabelecimento do minijardim clonal.

As minicepas receberam três vezes ao dia solução nutritiva por gotejamento a uma vazão de 5 L.m<sup>-2</sup>, sendo composta por: 54,20 mg.L<sup>-1</sup> de N na forma de nitrato; 69,90 mg.L<sup>-1</sup> de N na forma de amônio; 16,28 mg.L<sup>-1</sup> de P; 170,68 mg.L<sup>-1</sup> de K; 161,40 mg.L<sup>-1</sup> de Ca; 33,70 mg.L<sup>-1</sup> de Mg; 79,65 mg.L<sup>-1</sup> de S; 0,50 mg.L<sup>-1</sup> de B; 0,50 mg.L<sup>-1</sup> de Cu; 5 mg.L<sup>-1</sup> de Fe; 1 mg.L<sup>-1</sup> de Mn; 0,2 mg.L<sup>-1</sup> de Zn e 0,07 mg.L<sup>-1</sup> de Mo. A cada três semanas ou quando a condutividade elétrica superou 4 mS.cm<sup>-1</sup> a 25 °C, foi efetuada a troca da solução nutritiva, sendo ajustado o pH a 5,6 ( $\pm 1$ ), utilizando-se ácido clorídrico e hidróxido de sódio, ambos a 1 M.

Decorridos 190 dias da poda do ápice das minicepas, que correspondeu à quinta coleta de brotações, coletaram-se os propágulos para o preparo das miniestacas, as quais foram confeccionadas com comprimento médio de 6 cm ( $\pm 1$  cm), removendo-se o ápice e mantendo-se um par de folhas com redução de aproximadamente 50 % da sua área. Em seguida, mergulhou-se a porção basal das miniestacas em solução hidroalcoólica (1:1 v/v), contendo a concentração de 3.000 mg.L<sup>-1</sup> de AIB (ácido indolbutírico) durante 10 segundos. Estas foram estaqueadas em tubetes de 110 cm<sup>3</sup>, com a inserção de aproximadamente 2 cm da

miniestaca no substrato de cultivo, composto pela mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita média (1:1 v/v).

As bandejas contendo os tubetes com as miniestacas foram transferidas para dois ambientes de enraizamento: casa-de-vegetação automatizada (CVA) e casa-de-vegetação simples (CVS). A CVA possuía controle da temperatura – aquecimento e resfriamento ( $T \leq 30^\circ\text{C}$ ) e da umidade relativa do ar ( $UR \geq 80\%$ , mantida por meio de nebulização), sendo ambas as variáveis controladas automaticamente por termostato, umidostato e *timer*. Já na CVS, somente a irrigação foi controlada, sendo compreendida por microaspersões de 10 segundos em intervalos de 10 minutos, diariamente das 8 hs às 18 hs. Os dados da temperatura máxima, média e mínima do ar ocorridos durante a permanência das miniestacas em ambos os ambientes de enraizamento foram monitorados diariamente e estão apresentados na Tabela 1.

As miniestacas permaneceram nos ambientes de enraizamento durante 90 dias, sendo em seguida transferidas para casa-de-sombra (sombrite de 50 %) para aclimatação, durante 30 dias e, posteriormente, para área de pleno sol por mais 30 dias, visando à rustificação e ao crescimento. A partir da fase de aclimatação até a fase de rustificação, realizaram-se adubações semanais de cobertura com 6 ml por muda da seguinte formulação: sulfato de amônio (4 g.L<sup>-1</sup>), superfosfato triplo (10 g.L<sup>-1</sup>), cloreto de potássio (4 g.L<sup>-1</sup>), e solução de micronutrientes (10 ml.L<sup>-1</sup>), composta por: 9 % de Zn; 1,8 % de B; 0,8 % de Cu; 3 % de Fe; 2 % de Mn e 0,12 % de Mo.

Avaliou-se a sobrevivência das miniestacas na saída da casa-de-vegetação (SCV) e na saída da casa-de-sombra (SCS), sendo consideradas vivas as miniestacas que apresentaram coloração verde. Em área a pleno sol, avaliou-se apenas as miniestacas enraizadas (EPS). Destas, foi mensurado o comprimento médio das brotações e o número de folhas emitidas por muda formada.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado no arranjo fatorial (3 x 2), sendo os fatores compostos por três clones (A7, A21 e A35) e dois ambientes de enraizamento (CVA e CVS), contendo cinco repetições e dez miniestacas por repetição. Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett e análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Empregou-se o *software* estatístico SOC (EMBRAPA, 1990) para a realização dos procedimentos estatísticos.

**Tabela 1.** Médias mensais das temperaturas máxima, média e mínima do ar, entre novembro de 2006 e fevereiro de 2007, em casa-de-vegetação automatizada (CVA) e casa-de-vegetação simples (CVS) para o enraizamento de miniestacas de *Ilex paraguariensis*.

| Estrutura para enraizamento | Meses        | Temperatura                  |             |                   |             |             |
|-----------------------------|--------------|------------------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|
|                             |              | Média das máximas            | Média geral | Média das mínimas | Máxima      | Mínima      |
|                             |              | ----- (°C ± $\sigma$ ) ----- |             |                   |             |             |
| CVA                         | Novembro     | 30,2 ± 1,58                  | 23,4 ± 1,10 | 16,7 ± 1,47       | 33,0        | 15,0        |
|                             | Dezembro     | 30,9 ± 1,40                  | 24,4 ± 1,38 | 17,9 ± 1,71       | 32,0        | 15,0        |
|                             | Janeiro      | 31,1 ± 1,22                  | 24,7 ± 0,94 | 18,2 ± 1,48       | 33,0        | 15,0        |
|                             | Fevereiro    | 30,4 ± 1,37                  | 24,2 ± 0,95 | 18,1 ± 1,51       | 33,0        | 15,0        |
|                             | <b>Média</b> | <b>30,7</b>                  | <b>24,2</b> | <b>17,7</b>       | <b>32,8</b> | <b>15,0</b> |
| CVS                         | Novembro     | 31,0 ± 4,40                  | 22,9 ± 2,49 | 14,7 ± 2,08       | 40,0        | 10,0        |
|                             | Dezembro     | 33,0 ± 4,37                  | 24,8 ± 2,84 | 16,7 ± 2,52       | 42,0        | 14,0        |
|                             | Janeiro      | 32,7 ± 5,29                  | 24,7 ± 2,77 | 16,7 ± 1,81       | 42,0        | 13,0        |
|                             | Fevereiro    | 33,3 ± 5,21                  | 24,9 ± 2,83 | 16,4 ± 2,15       | 42,0        | 12,0        |
|                             | <b>Média</b> | <b>32,5</b>                  | <b>24,3</b> | <b>16,1</b>       | <b>41,5</b> | <b>12,2</b> |

$\sigma$  - desvio padrão em relação ao valor médio.

Fonte: Laboratório de Propagação de Plantas - *Embrapa Florestas*.

## Resultados e Discussão

A análise de variância (ANOVA) revelou interação entre os fatores clone e ambiente quanto ao enraizamento das miniestacas a pleno sol (EPS), número de folhas por miniestaca (NF) e comprimento médio de brotações emitidas por miniestaca (CMB). Houve efeito

significativo do fator clone para as características da sobrevivência de miniestacas na saída da casa-de-vegetação (SCV), saída da casa-de-sombra (SCS) e número de brotações (NB). Já o NB por muda apresentou efeito significativo do clone e ambiente inicial de enraizamento (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para a sobrevivência de miniestacas na saída da casa-de-vegetação (SCV), saída da casa-de-sombra (SCS), enraizamento a pleno sol (EPS), número de folhas (NF), número de brotações (NB) e comprimento médio de brotações (CMB) de miniestacas de *Ilex paraguariensis* em função do clone e ambiente.

| Causas da Variação | GL | Quadrados Médios   |                      |                      |         |                      |                    |
|--------------------|----|--|----------------------|----------------------|---------|----------------------|--------------------|
|                    |    | SCV <sup>(1)</sup>   | SCS <sup>(1)</sup>   | EPS <sup>(1)</sup>   | NF      | NB <sup>(2)</sup>    | CMB <sup>(2)</sup> |
|                    |    | ----- (%) ----- (muda <sup>-1</sup> ) ----- (cm.muda <sup>-1</sup> ) |                      |                      |         |                      |                    |
| Clone (Clo)        | 2  | 0,1521*  | 0,1744**             | 0,0303 <sup>ns</sup> | 12,69** | 0,0231**             | 0,0147*            |
| Ambiente (Amb)     | 1  | 0,0539 <sup>ns</sup>   | 0,0015 <sup>ns</sup> | 0,0319 <sup>ns</sup> | 17,57** | 0,0329**             | 0,0211*            |
| Clo * Amb          | 2  | 0,0529 <sup>ns</sup>   | 0,0639 <sup>ns</sup> | 0,0713*              | 4,38*   | 0,0015 <sup>ns</sup> | 0,0237**           |
| Resíduo            | 42 | 0,0318   | 0,0224               | 0,0206               | 0,94    | 0,0012               | 0,0034             |
| Média              | -  | 62,35  | 57,02                | 49,97                | 3,42    | 0,64                 | 0,79               |
| CV (%)             | -  | 19,33  | 17,34                | 28,27                | 28,42   | 14,24                | 21,47              |

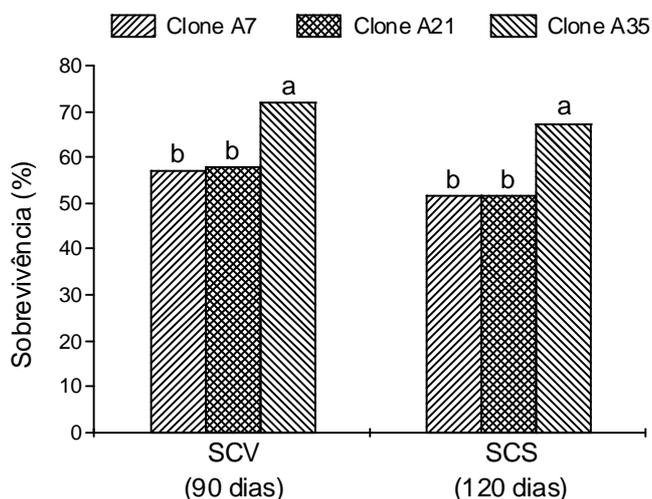
<sup>ns</sup> valor não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste F.

\* e \*\* valor significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente pelo teste F.

(<sup>1</sup>) dados transformados por arco-seno  $\sqrt{\frac{n}{100}}$  e (<sup>2</sup>) por  $\sqrt{\frac{n}{10}}$  ao nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste de Bartlett.  $n$  = dado coletado.

Passados 90 dias, o clone A35 apresentou o maior valor médio de sobrevivência das miniestacas na saída da casa-de-vegetação (SCV), com 71,9 % de sobrevivência, o qual diferiu significativamente dos demais clones avaliados. Os clones A7 e A21 não diferiram significativamente quanto a SCV, apresentando 57,1 % e 58,0 % de sobrevivência de miniestacas, respectivamente (Figura 1).

Aos 120 dias, comportamento semelhante foi observado quanto à sobrevivência de miniestacas durante a saída da casa-de-sombra (SCS), onde o clone A35 manteve o maior valor médio, apresentando 67,5 % de miniestacas vivas, diferindo significativamente dos outros clones. Os clones A7 e A21, ambos com 51,8 % de sobrevivência de miniestacas, não diferiram significativamente (Figura 1).



**Figura 1.** Médias da sobrevivência de miniestacas dos clones A7, A21 e A35 de *Ilex paraguariensis* na saída da casa-de-vegetação (SCV) e da casa-de-sombra (SCS). Médias seguidas por mesma letra dentro da mesma época não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

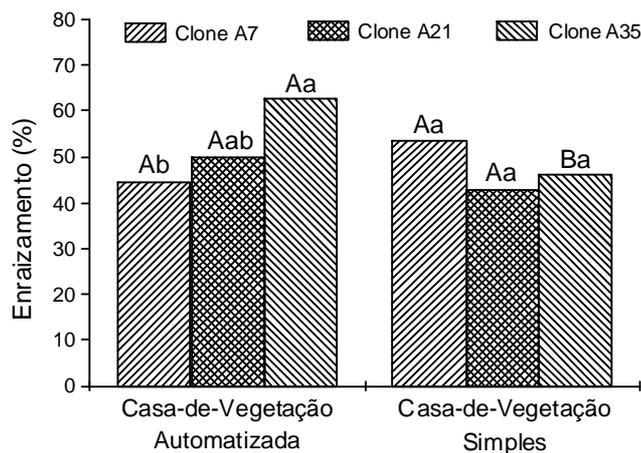
Em condições semelhantes de trabalho, Brondani et al. (2007) verificaram que a sobrevivência de miniestacas de erva-mate, oriundas de minicepas de origem seminal, diferiram significativamente entre 92 % e 55 % na saída da casa-de-vegetação e, entre 91 % e 49 % na saída da casa-de-sombra, variando em função do ambiente e

substrato testado. Wendling et al. (2007b), ao testarem diferentes soluções nutritivas na miniestaquia de erva-mate a partir de minicepas obtidas por sementes, observaram elevada sobrevivência em casa-de-vegetação, a qual variou de 73,3 % a 90,0 %. Com base nessas observações, pode-se inferir que os dados de sobrevivência registrados no presente estudo estão condizentes aos existentes na literatura para a cultura de erva-mate. Convém salientar que a redução do percentual de sobrevivência das miniestacas na saída da casa-de-sombra pode estar relacionada a mudanças das condições ambientais, em que os efeitos de oscilações hídricas e de iluminação ocorridas durante a fase de aclimação proporcionam maiores estresses às miniestacas, ao comparar com as condições existentes na casa-de-vegetação para o enraizamento.

Durante avaliação do enraizamento de miniestacas, aos 150 dias após a estaquia, foi constatado efeito significativo do ambiente inicial de enraizamento (Figura 2). Em relação às miniestacas provenientes da casa-de-vegetação automatizada, pode-se observar que a percentagem de enraizamento do clone A35, de 62,5 %, diferiu significativamente do clone A7, que foi de 44,6 %. O clone A21 não apresentou diferença significativa em relação aos demais clones avaliados, resultando em média de 50,0 % de miniestacas enraizadas em área a pleno sol.

No entanto, quando os clones foram provenientes da casa-de-vegetação simples (CVS), na qual não houve controle da temperatura, os clones não diferiram significativamente quanto ao percentual de miniestacas enraizadas, com valores médios correspondentes a 53,6 %, 42,9 % e 46,2 %, respectivamente, para os clones A7, A21 e A35 (Figura 2).

Ao comparar o enraizamento de cada clone em relação aos diferentes ambientes, pode-se observar que os clones A7 e A21 não apresentaram diferença significativa em relação à percentagem de miniestacas enraizadas, indicando para esses clones, adequadas condições para a indução do enraizamento em ambos os ambientes. Contudo, o clone A35 apresentou decréscimo no percentual de enraizamento, aproximadamente 26 %, quando as miniestacas foram provenientes da casa-de-vegetação simples em relação aos valores obtidos em casa-de-vegetação automatizada.



**Figura 2.** Percentagem de enraizamento em área a pleno sol (EPS) de miniestacas dos clones A7, A21 e A35 de *Ilex paraguariensis*, aos 150 dias. Médias seguidas por mesma letra minúscula entre os clones, dentro da mesma estrutura de enraizamento, e médias seguidas por mesma letra maiúscula para o mesmo clone, entre as estruturas de enraizamento, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Brondani et al. (2007), que verificaram efeito significativo do ambiente inicial de enraizamento de miniestacas juvenis de erva-mate, com valores variando de 45,0 % a 77,5 %, em função do substrato testado. Ao utilizarem o substrato composto pela mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita (1:1 v/v), obtiveram média de 57,5 % de enraizamento, independente do ambiente inicial de enraizamento, assemelhando aos valores encontrados no presente estudo.

O efeito da juvenilidade do material vegetativo pode ter influenciado a predisposição ao enraizamento das miniestacas. Diversos trabalhos destacam que o estado de maturação do propágulo vegetativo (ontogenia) apresenta grande efeito na capacidade de propagação e subsequente crescimento das mudas originadas de estacas (ELDRIDGE et al., 1994; WENDLING; XAVIER, 2001; SWAMY et al., 2002; WENDLING; XAVIER, 2003; WENDLING; XAVIER, 2005). Esse efeito pode ser observado no trabalho desenvolvido por Wendling et al. (2007b), os quais destacaram elevado enraizamento de miniestacas de erva-mate quando provenientes de minicepas juvenis e cultivadas em sistema semi-hidropônico, com média geral de 85,8 %. Wendling e Souza Junior (2003) também registraram elevado índice de enraizamento de miniestacas de erva-mate de origem seminal, com média de 75 %.

Embora os autores não tenham testado diferentes ambientes de enraizamento, pode-se observar elevados índices de enraizamento ao aplicar a técnica de miniestaquia para clonagem de erva-mate, em comparação aos menores valores obtidos pela técnica de estaquia (IRITANI; SOARES, 1981; HIGA, 1983; GRAÇA et al., 1988).

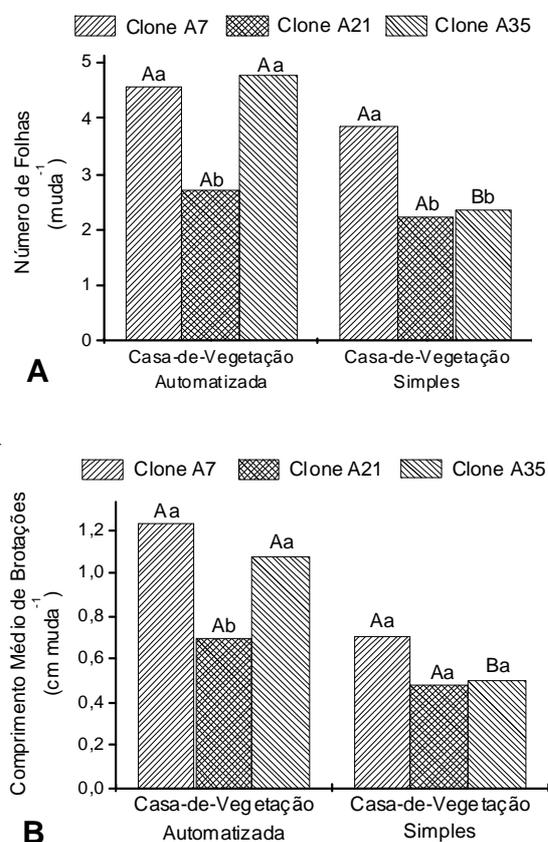
Dessa forma, os valores médios de enraizamento encontrados no presente estudo reforçam a viabilidade do emprego da técnica de miniestaquia como alternativa de clonagem de árvores adultas selecionadas de erva-mate, pois os valores foram próximos aos registrados para materiais em estágio juvenil.

Outro fator importante refere-se à oscilação da temperatura do ar, que variou ao longo do tempo em ambos os ambientes de enraizamento, sendo que a casa-de-vegetação simples apresentou a maior oscilação da temperatura do ar ao comparar com a casa-de-vegetação automatizada (Tabela 1). Pode-se observar que entre os ambientes testados, existiu cerca de 8 °C de variação da temperatura máxima mensal, e cerca de 3 °C para a temperatura mínima mensal. Esse efeito pode ter influenciado o enraizamento das miniestacas, principalmente quanto ao clone A35, que apresentou o menor valor da taxa de enraizamento quando submetido ao ambiente sem controle da temperatura, demonstrando que o mesmo apresenta menor plasticidade em termos de enraizamento quando cultivado em um ambiente com maior variação de temperatura (Figura 2).

Esse efeito também foi constatado por Brondani et al. (2007), mostrando que a constante elevação da média das temperaturas máximas, acima da faixa de 30 °C na casa-de-vegetação sem controle das condições ambientais, resultou em fatores negativos para o enraizamento das miniestacas de *I. paraguariensis*. Rosa (2006), embora trabalhando com outra espécie, também observou que as variações da temperatura durante um único dia, comuns nas épocas mais quentes na região de Colombo, PR, podem ter influenciado negativamente a sobrevivência de miniestacas de *E. dunnii* na saída da casa-de-vegetação. No entanto, a natureza dessas respostas também pode ser condicionada pelas características de cada espécie.

O número de folhas por miniestaca variou entre os clones conforme o ambiente de enraizamento. Aos 150 dias, as miniestacas dos clones A7 e A35 que foram provenientes da casa-de-vegetação automatizada apresentaram o maior valor médio do número de folhas,

com 4,6 e 4,8, respectivamente, diferindo significativamente do clone A21, que apresentou o menor valor, com média de 2,7 folhas emitidas por miniestaca (Figura 3 A).



**Figura 3.** Médias de número de folhas (A) e comprimento médio de brotações por muda (B) dos clones A7, A21 e A35 de *Ilex paraguariensis* aos 150 dias durante enraizamento em área a pleno sol (EPS). Médias seguidas por mesma letra minúscula entre os clones, dentro da mesma estrutura de enraizamento, e médias seguidas por mesma letra maiúscula para o mesmo clone, entre as estruturas de enraizamento, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

No entanto, quando os clones permaneceram na casa-de-vegetação simples como ambiente inicial de enraizamento, o clone A7 apresentou o maior valor quanto ao número de folhas, com 3,9 folhas por miniestaca enraizada (NF), diferindo significativamente dos demais. Os clones A21 e A35 corresponderam ao menor valor para o NF, os quais apresentaram 2,2 e 2,4 folhas por miniestaca, respectivamente (Figura 3 A).

Ao comparar o mesmo clone em relação aos diferentes ambientes, pode-se perceber que os clones A7 e A21 não apresentaram diferença significativa quanto ao NF, indicando que esses clones poderiam ser enraizados em ambos os ambientes sem perdas significativas. Contudo, o clone A35 foi mais sensível em relação ao ambiente de enraizamento, onde as miniestacas enraizadas em casa-de-vegetação automatizada apresentaram o maior valor médio, em comparação àquelas provenientes da casa-de-vegetação sem controle de temperatura (Figura 3 A).

O comprimento médio das brotações (CMB) emitidas por muda enraizada apresentou variação em função do clone e ambiente (Figura 3 B). Os clones A7 e A35 não diferiram significativamente quando o ambiente de enraizamento foi a casa-de-vegetação automatizada, com valores médios de 1,23 cm e 1,08 cm, respectivamente. Contudo, diferiram do A21, que apresentou o menor valor médio para essa característica mensurada, com tamanho médio de 0,70 cm por muda. Quando o ambiente de enraizamento foi a casa-de-vegetação simples, os clones não diferiram quanto ao comprimento médio de brotações emitidas, apresentando comportamento semelhante, com valores médios de 0,71 cm, 0,48 cm e 0,50 cm por muda enraizada, respectivamente para os clones A7, A21 e A35 (Figura 3 B).

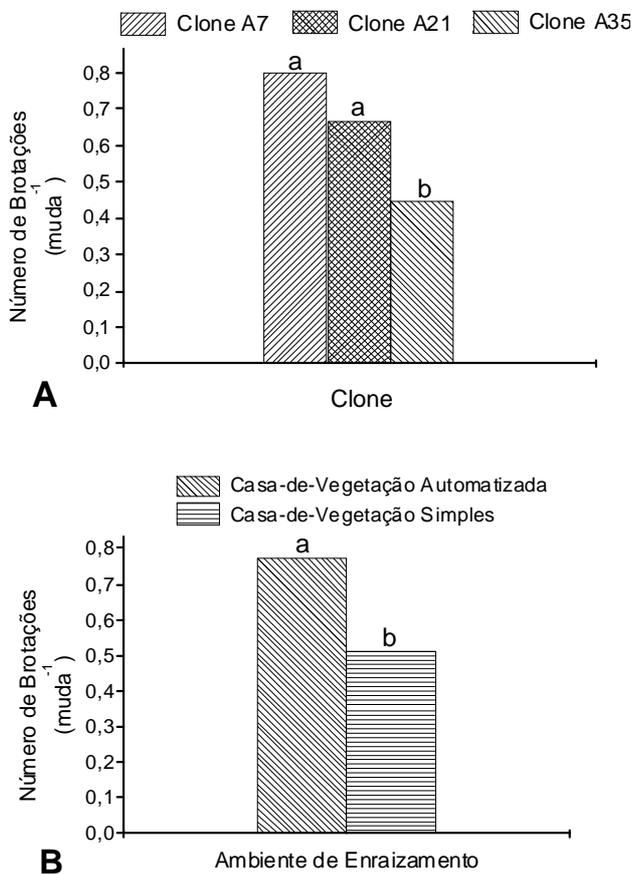
Ao comparar cada clone em relação ao ambiente de enraizamento, pode-se perceber que os clones A7 e A21 não diferiram quanto ao CMB em ambos os ambientes. Diferença significativa foi constatada somente para o clone A35, que apresentou o maior valor médio quando proveniente da casa-de-vegetação automatizada.

A presença de folhas e de brotações no propágulo vegetativo é importante para o processo de enraizamento, o que se deve à produção de substâncias como carboidratos durante a fotossíntese, bem como à produção de auxinas responsáveis pelos efeitos correlatos no enraizamento (HARTMANN et al., 2002; TAIZ; ZEIGER, 2004), o que pode contribuir para aumentar a sobrevivência destas e a probabilidade de formação de raízes.

Brondani et al. (2007) observaram correlação significativa para as características do número de folhas e comprimento médio de brotações emitidas por muda. Contudo, ao trabalharem com substrato composto pela mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita média (1:1 v/v), não observaram diferença significativa

em relação ao número de folhas e comprimento médio de brotações emitidas por muda enraizada. De certa forma, esse resultado está de acordo com os observados no presente estudo para os clones A7 e A21, porém, o clone A35 apresentou diferença significativa quanto ao número de folhas e comprimento médio de brotações, indicando que o fator clone exerce uma expressiva influência sobre a formação da parte aérea.

Ao final de 150 dias de avaliação das miniestacas enraizadas em área a pleno sol, os clones apresentaram variação quanto ao número de brotações emitidas (NB). Os clones A7 e A21 não diferiram significativamente, com valores médios de 0,80 e 0,67 brotações por muda. Já o clone A35 apresentou o menor número de brotações por muda, com valor médio de 0,45 (Figura 4A).



**Figura 4.** Médias de número de brotações por muda (NB) aos 150 dias em área a pleno sol. NB em função dos clones A7, A21 e A35 de *Ilex paraguariensis* (A) e, NB em função do ambiente inicial de enraizamento (B). Médias seguidas por mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

As miniestacas provenientes da casa-de-vegetação automatizada apresentaram o maior número de brotações emitidas (NB), com média de 0,77, diferindo significativamente do NB das miniestacas que tiveram a casa-de-vegetação simples como ambiente de enraizamento, com média geral de 0,51 brotações por muda enraizada (Figura 4B).

Em geral, as diferenças morfológicas observadas na miniestaquia de erva-mate foram mais dependentes do fator clone do que o ambiente inicial de enraizamento e, ao que tudo indica, a miniestaquia da espécie pode ser conduzida em ambos os ambientes de enraizamento e apresentar produção de mudas semelhante. Essa observação é importante, pois a casa-de-vegetação simples (sem controle ambiental) apresenta-se como uma alternativa para o enraizamento de miniestacas de erva-mate, o que pode resultar na redução do custo de produção de mudas clonais, em vista do menor valor investido para a sua construção e manutenção.

## Conclusões

A sobrevivência das miniestacas na saída da casa-de-vegetação e na casa-de-sombra não foi influenciada pelo ambiente testado, contudo, as diferenças entre os ambientes de enraizamento foram dependentes do clone, com superioridade do A35 quando proveniente da casa-de-vegetação automatizada.

A casa-de-vegetação automatizada favoreceu o número de folhas e o número e comprimento das brotações emitidas, embora, de maneira geral, ambos os ambientes de enraizamento testados apresentaram resultados semelhantes, sendo possível concluir pela viabilidade técnica da miniestaquia em erva-mate.

## Agradecimentos

À *Embrapa Florestas*, ao CNPq e à Universidade Federal do Paraná, pelo apoio concedido.

## Referências

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 442 p.
- ASSIS, T. F. de; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.) **Biotechnologia florestal**, Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2007. p. 93-121.

- 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.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1. 1039 p.
- COELHO, G. C.; MARIATH, 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**, Curitiba, v. 45, n. 1, p. 47-51, 2002.
- CUQUEL, F. L.; CARVALHO, M. L. M. de; CHAMMA, H. M. C. P. Avaliação de métodos de estratificação para a quebra de dormência de sementes de erva-mate. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 415-421, 1994.
- ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARDWIID, C.; VAN WYK, G. Mass vegetative propagation. In: ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARDWIID, C.; VAN WYK, G. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon Press, 1994, p. 228-246.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Programa SOC - Software Científico**, Versão 2.1, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, 1990.
- FOWLER, J. A. P.; STURION, J. A. **Aspectos da formação do fruto e da semente na germinação de erva-mate**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 5 p. (Comunicado Técnico, 45).
- GRAÇA, M. E. C.; COOPER, M. A.; TAVARES, F. R.; CARPANEZZI, A. A. **Estaquia de erva-mate**. Curitiba: Embrapa Florestas, 1988. 6 p. (Circular Técnica, 18).
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JÚNIOR, F. T.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices**. 7<sup>th</sup> ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002. 880 p.
- HIGA, R. C. V. Estaquia de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): resultados preliminares. **Silvicultura em São Paulo**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 304-305, 1983. Edição dos Anais do Congresso Florestal Brasileiro, 4., 1982, Belo Horizonte.
- IRITANI, C.; SOARES, R. V. Ação de reguladores de crescimento em estacas de *Ilex paraguariensis* St. Hilaire. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 12, n. 2, p. 59-66, 1981.
- MENDES, R. M. de O. **Caracterização e avaliação da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.), beneficiada no estado de Santa Catarina**. 2005. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- 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. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- PASINATO, R. **Aspectos etnoentomológicos, socioeconômicos e ecológicos relacionados à cultura da erva-mate (*Ilex paraguariensis*) no município de Salto do Lontra, Paraná, Brasil**. 2002. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- ROSA, L. S. da **Adubação nitrogenada e substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BRONDANI, G. E.; REISSMANN, 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.
- SWAMY, S. L.; PURI, S.; SINGH, A. K. Effect of auxins (IBA and NAA) and season on rooting of juvenile and mature hardwood cuttings of *Robinia pseudoacacia* and *Grewia optiva*. **New Forests**, Oklahoma, v. 23, n. 2, 143-157, 2002.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. SANTARÉM, E.R. et al. (Trad.). Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- VIDOR, M. A.; RUIZ, C. P.; MORENO, S. V.; FLOSS, P. A. Marcadores moleculares em estudos de caracterização de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.): o sabor. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 3, p. 415-420, 2002.
- WENDLING, I. **Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): estado da arte e tendências futuras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 46 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 91).
- WENDLING, I.; SOUZA JUNIOR, L. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) por miniestaquia de material juvenil. In: CONGRESSO SUL-AMERICANO DA ERVA-MATE, 3.; FEIRA DO AGRONEGÓCIO DA ERVA-MATE, 1., 2003. Chapecó. **Anais...** Chapecó: Epagri, 2003, 8 p. 1 CD-ROM.
- WENDLING, I.; XAVIER, A. Miniestaquia seriada no rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 4, p. 475-480, 2003.
- WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência da miniestaquia seriada no vigor radicular de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 681-689, 2005.
- WENDLING, I.; XAVIER, A. Gradiente de maturação e rejuvenescimento aplicado em espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 187-194, 2001.

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DEDECEK, R.  
Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St. Hil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 209-220, 2007a.

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 b.

---

Recebido em 12 de junho de 2008 e aprovado em 04 de novembro de 2008