

MINIESTAQUIA DE *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: (II) SOBREVIVÊNCIA E ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS EM FUNÇÃO DAS COLETAS E ESTAÇÕES DO ANO

Eucalyptus benthamii × *Eucalyptus dunnii* MINICUTTING TECHNIQUE: (II) MINICUTTING SURVIVAL AND ROOTING IN RELATION TO COLLECTION AND SEASONS

Gilvano Ebling Brondani¹ Ivar Wendling² Fernando Grossi³
Leonardo Ferreira Dutra⁴ Marla Alessandra Araujo⁵

RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar a técnica de miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* ao longo das estações do ano quanto à sobrevivência e enraizamento de miniestacas. As minicepas dos clones H12, H19 e H20 foram manejadas durante 352 dias em minijardim clonal sob sistema semi-hidropônico em leito de areia com solução nutritiva fornecida por gotejamento, efetuando-se 27 coletas sucessivas de brotações durante as quatro estações do ano (primavera, verão, outono e inverno). Mergulhou-se a porção basal da miniestaca durante 10 segundos em solução hidroalcoólica (1:1 v/v) de concentração de 2.000 mg L⁻¹ de AIB. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado contendo cinco repetições e vinte miniestacas por repetição. O enraizamento das miniestacas variou conforme o clone e mostrou-se muito sensível às estações do ano e às oscilações da temperatura. Os melhores índices de enraizamento foram registrados nas estações mais frias onde variou de 19,59% a 56,20% e os menores nas estações mais quentes, com 4,62% a 8,50%. Os clones H19 e H20 apresentaram os maiores índices de enraizamento nas quatro estações do ano.

Palavras-chave: clonagem; propagação vegetativa; sazonalidade; enraizamento.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate, throughout the seasons, the minicutting technique as a cloning method for *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* hybrids regarding minicutting survival and rooting. The ministumps of H12, H19 and H20 clones were cultivated during 352 days in a clonal minigarden in a semi-hydroponic system in a sand bed, where the nutritive solution was supplied by drip irrigation. During the experiment, 27 successive minicutting samplings were performed in 4 seasons of the year: spring, summer, autumn and winter. The minicutting basal portion was immersed in hydro-alcoholic solutions containing 2,000 mg L⁻¹ of IBA during 10 seconds. The experiment was conducted using an entirely randomized design with 5 replications and 20 minicuttings per replication. The minicutting rooting varied in function of the clone and presented high sensitivity to seasonal and temperature variations. The best rooting indices occurred in the cooler seasons (19.59% to 56.20%) and the lowest in warmer seasons (4.62% to 8.50%). The H19 and H20 clones presented the greater indices for rooting in all 4 seasons.

Keywords: cloning; vegetative propagation; seasonality; rooting.

1. Engenheiro Florestal, MSc., Setor de Ciências Agrárias, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Av. Prof. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR). Bolsista CNPQ. gebrondani@yahoo.com.br
2. Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador da Embrapa Florestas, Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, Caixa Postal 319, CEP 83411-000, Colombo (PR). ivar@cnpf.embrapa.br
3. Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto do Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Paraná, Av. Prof. Lothário Meissner, 900, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR). f_grossi@ufpr.br
4. Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado, Rodovia BR 392, Km 78, Caixa Postal 403, CEP 96001-970, Pelotas (RS). leonardo.dutra@cpact.embrapa.br
5. Engenheira Agrônoma, MSc., Setor de Ciências Agrárias, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, Rua dos Funcionários, 1540, CEP 80035-050, Curitiba (PR). Bolsista CNPQ. marla.agro@bol.com.br

Recebido para publicação em 25/03/2009 e aceito em 12/04/2010.

INTRODUÇÃO

Em razão das diversas espécies de *Eucalyptus* produzirem madeira de importância comercial, estas são utilizadas em grande escala para o estabelecimento de plantações em áreas tropicais e subtropicais do mundo, representando mais de 17,8 milhões de hectares de florestas plantadas (ALFENAS et al., 2004).

Dentre as espécies de *Eucalyptus* cultivadas no Brasil, destacam-se o *Eucalyptus grandis* e seus híbridos, os quais são os mais plantados no País. No entanto, apesar de todos os avanços, existem certas limitações de sua expansão na Região Sul do Brasil, em especial, devido a ocorrência de temperaturas mais baixas e geadas frequentes. Esse fato torna importante o desenvolvimento de pesquisas direcionadas à busca de novas espécies e variedades para os mais diversos fins e introduzi-las de acordo com as características de cada ambiente (NISGOSKI et al., 1998).

Em regiões onde a incidência de geadas severas compromete o estabelecimento e a adaptação de espécies de *Eucalyptus*, a resistência ao frio é uma das características de maior importância que pode ser introduzida por meio da hibridação (ASSIS e MAFIA, 2007). Segundo dados levantados por Paludzyszyn Filho et al. (2006), as espécies de *Eucalyptus* economicamente importantes para as condições mais frias do Brasil constituem um grupo muito restrito, e dentre estas, o *Eucalyptus benthamii* e o *Eucalyptus dunnii*, apresentam boa aptidão, sobretudo no que se refere a produção de madeira para fins energéticos e sólidos madeiráveis.

Por ser uma espécie de clima subtropical, Assis e Mafia (2007) sugerem que o *Eucalyptus benthamii* apresenta-se como opção para composição de híbridos resistentes ao frio. Adicionalmente, a produção do híbrido interespecífico entre os materiais citados poderá proporcionar benefícios extras, ao associar as vantagens adaptativas e silviculturais das espécies parentais registradas na literatura, porém não existem métodos estabelecidos para a multiplicação desse material genético.

Como opção, a clonagem constitui o processo ideal para maximizar os benefícios da hibridação. Além disso, a grande diferenciação entre as espécies, em termos de crescimento e propriedades tecnológicas da madeira é um fator importante na produção de combinações complementares, capazes de proporcionar ganhos simultâneos em crescimento e qualidade da madeira.

O aproveitamento comercial da heterose em híbridos de *Eucalyptus*, por intermédio da clonagem, é um dos grandes responsáveis pela rápida evolução da produtividade florestal nos últimos anos e, é um dos exemplos mais bem sucedidos do uso de híbridos em espécies florestais (ASSIS e MAFIA, 2007).

O efeito da sazonalidade na indução dos processos rizogênicos em propágulos vegetativos pode ser determinante na clonagem comercial, influenciando especialmente na época de coleta destes (HARTMANN et al., 2002). Portanto, conhecendo-se as épocas mais favoráveis ao enraizamento nos diferentes períodos do ano, poder-se-á adotar estratégias de manejo visando otimizar a produção de mudas de genótipos previamente selecionados.

Com base no exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar a sobrevivência e enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* ao longo da primavera, verão, outono e inverno.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização geral do experimento

O trabalho foi conduzido de outubro de 2006 a setembro de 2007 no Laboratório de Propagação de Plantas da Embrapa Florestas-CNPq, situada em Colombo-PR (25°20' S e 49°14' W, 950 m). Segundo classificação de Köppen, o clima da região é temperado do tipo Cfb.

Obtenção dos clones e constituição do minijardim clonal

Utilizaram-se mudas de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* propagadas pelo processo de estaquia convencional. Mudas com 90 dias de idade e 15 cm de altura foram plantadas no espaçamento 10 x 15 cm em sistema semi-hidropônico de canaletão em leito de areia. Aos 21 dias após o plantio, procedeu-se a poda da brotação apical a 7 cm acima do caule, mantendo-se um par de folhas remanescentes por minicepa (BRONDANI et al., 2008; BRONDANI, 2008).

Manejo e nutrição das minicepas

O minijardim clonal foi mantido em condições de estufa coberta com polietileno. As minicepas receberam solução nutritiva por gotejamento, a qual foi distribuída três vezes ao dia

a uma vazão total de 5 L m⁻². A solução nutritiva foi composta por monoamônio fosfato (0,04 g L⁻¹), sulfato de magnésio (0,40 g L⁻¹), nitrato de potássio (0,44 g L⁻¹), sulfato de amônio (0,31 g L⁻¹), cloreto de cálcio (0,79 g L⁻¹), ácido bórico (2,88 mg L⁻¹), sulfato de manganês (3,70 mg L⁻¹), molibdato de sódio (0,18 mg L⁻¹), sulfato de zinco (0,74 mg L⁻¹) e hidroferro em pó (81,80 mg L⁻¹). Na renovação da solução nutritiva, realizada a cada três semanas, a condutividade elétrica foi mantida em 1,6 mS m⁻² a 25 °C e o pH ajustado a 5,5 (± 0,1), corrigido com ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH), ambos a 1M. A análise química da água apresentou as seguintes características: 1,4 mg L⁻¹ de N-NO₃; 0,4 mg L⁻¹ de N-NH₄; 0,93 mg L⁻¹ de P; 1,44 mg L⁻¹ de K; 26,08 mg L⁻¹ de Ca; 5,07 mg L⁻¹ de Mg; 0,4 mg L⁻¹ de Cu; 0,09 mg L⁻¹ de Fe; 0,04 mg L⁻¹ de Mn e 0,04 mg L⁻¹ de Zn.

Coleta de brotações e preparo das miniestacas

As coletas foram efetuadas em diferentes intervalos de tempo e de maneira seletiva, ou seja, brotações menores que 5 cm e com menos de três pares de folhas foram mantidas na minicepa para as coletas subsequentes. Em função da época do ano, o intervalo entre cada coleta variou de 8 a 21 dias, tomando-se o cuidado de manter a padronização estabelecida quanto à seleção das brotações.

Logo após a coleta das brotações, foram preparadas as miniestacas, sem a remoção da ponteira (gema apical). Na região basal, foi efetuado um corte reto, mantendo um par de gemas. As miniestacas apresentaram comprimento de 5 cm (± 1 cm) contendo um par de folhas, reduzidas a 50% da sua área.

Sobrevivência e enraizamento de miniestacas

A região basal da miniestaca foi mergulhada durante 10 segundos em solução hidroalcoólica contendo 2.000 mg L⁻¹ do fitoregulador AIB (álcool:água 1:1 v/v). Logo após, foram inseridas em tubetes plásticos cônicos (55 cm³), com a inserção de aproximadamente 2 cm da região basal da miniestaca no substrato de cultivo, o qual foi composto pela mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita média (1:1 v/v). Ao longo do experimento, avaliaram-se a sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação (SSCV), a sobrevivência na saída da casa de sombra (SSCS) e o enraizamento em área de pleno sol (EAPS). Durante

a SSCV e SSCS, consideraram-se vivas, apenas, as miniestacas que mantiveram o vigor, caracterizado sobretudo pela manutenção da coloração verde e turgidez das miniestacas. No EAPS, consideraram-se somente as miniestacas enraizadas, o qual foi determinado pela retirada das mudas do recipiente de cultivo.

O experimento referente ao enraizamento de miniestacas em função das coletas foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (3 x 27), sendo os fatores constituídos por três clones (H12, H19 e H20) e 27 coletas ao longo de 352 dias. Para tanto, utilizaram-se cinco repetições, contendo vinte miniestacas por repetição.

O experimento referente ao enraizamento de miniestacas em função das estações do ano foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (3 x 4), sendo os fatores constituídos por três clones (H12, H19 e H20) e quatro estações do ano (primavera, verão, outono e inverno). Para tanto, utilizaram-se cinco repetições, contendo vinte miniestacas por repetição.

Manejo e fertilização das miniestacas

Os tubetes foram expostos a solução de 0,25% (v/v) de cloro ativo (NaOCl) por 48 horas, visando a erradicar possíveis fontes de patógenos e, em seguida, foram enxaguados com água corrente. O substrato foi composto pela mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita média (1:1 v/v), sendo incorporado 4 kg m⁻³ de superfosfato simples (20% de P₂O₅ e 14% de S) e 1,5 kg m⁻³ de FTEBR12 (9% Zn; 3% Fe; 2% Mn; 0,1% Mo; 1,8% B e 0,8% Cu).

Para o enraizamento, as miniestacas permaneceram em casa de vegetação automatizada em períodos variáveis de 25 a 35 dias, em função da época do ano. A umidade relativa do ar (UR ≥ 80%) e a temperatura do ar (T < 30 °C) foram mantidas sob controle automático, por meio de umidostato e termostato respectivamente. Em seguida, as miniestacas foram transferidas para casa de vegetação com sombrite de 50% para aclimação durante 14 a 21 dias, variável em função da época do ano. O sistema foi composto por microaspersores (amarelos) de 2,0 kg cm⁻² de pressão, com vazão de 144 L hora⁻¹ (2,4 L minuto⁻¹), o qual ligou durante 2 minutos a cada 2 horas. Após o processo de aclimação, as miniestacas foram transferidas para uma área de pleno sol, visando a rustificação e o crescimento durante 28 dias. O

sistema foi composto por microaspersores (verdes) de 97 L hora⁻¹, o qual ligou três vezes ao dia, sendo 30 minutos nos períodos mais quentes e 20 minutos nos períodos mais frios.

Da fase de aclimatação até a rustificação, realizou-se adubação semanal de cobertura com 6 ml muda⁻¹, utilizando-se a seguinte formulação: sulfato de amônio (4 g L⁻¹), superfosfato triplo (10 g L⁻¹), cloreto de potássio (4 g L⁻¹), e solução de micronutrientes (10 ml L⁻¹), composta por: 9% de Zn; 1,8% de B; 0,8% de Cu; 3% de Fe; 2% de Mn e 0,12% de Mo.

Procedimentos estatísticos

Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett ($p < 0,05$) para verificação da homogeneidade da variância entre os tratamentos. Em seguida, procedeu-se a análise de variância (ANOVA) ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) e a correlação de Pearson ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) entre as características amostradas. De acordo com a significância, os valores médios foram comparados pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para tanto, utilizou-se o pacote estatístico SOC (EMBRAPA, 1990).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas

Houve interação entre clone e coleta ($p < 0,01$) para a sobrevivência das miniestacas durante a saída da casa de vegetação (SSCV), saída da casa de sombra (SSCS) e enraizamento em área de pleno sol (EAPS), verificando a importância desses fatores no processo de miniestaquia da espécie avaliada (Tabela 1).

A SSCV dos clones apresentou grande variação na primavera (Figura 1a) e verão (Figura 1b), com valores de elevada sobrevivência, seguidos de queda repentina, em que na maioria das vezes, os valores foram inferiores a 70% de sobrevivência. Nas estações consideradas mais frias, existiu efeito inverso, resultando os maiores valores da SSCV. No outono (Figura 1c) ocorreu um aumento gradual da sobrevivência das miniestacas a partir da 17^a até a 21^a coleta. No entanto, os melhores valores médios observados para a SSCV ocorreram durante o inverno (Figura 1d), em que os índices mantiveram-se próximos a 100% de sobrevivência de

TABELA 1: Resumo da análise de variância para a sobrevivência das miniestacas durante a saída da casa de vegetação (SSCV), sobrevivência na saída da casa de sombra (SSCS) e enraizamento em área de pleno sol (EAPS) de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*.

TABLE 1: Variance analysis summary for minicutting survival in the greenhouse transference (SSCV), survival in the shade house transference (SSCS) and rooting in outdoor condition (EAPS) of *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*.

| Causas da Variação | GL | Quadrados Médios | | |
|------------------------|-----|-------------------|--------------------------|-------------------|
| | | SSCV ¹ | SSCS ¹ (%) | EAPS ¹ |
| Clone (CL) | 2 | 0,2270 ** | 0,2289 ** | 0,2319 ** |
| Coleta (COL) | 25 | 0,3295 ** | 0,9846 ** | 0,9142 ** |
| CL x COL | 50 | 0,0284 ** | 0,0473 ** | 0,0510 ** |
| Resíduo | 312 | 0,0052 | 0,0152 | 0,0120 |
| Média | – | 67,07 | 24,98 | 19,30 |
| CV _{exp.} (%) | – | 15,22 | 34,45 | 36,01 |

Em que: **significativo a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F. ¹dados transformados por $(n/100)^{0,5}$ a de 5% de probabilidade de erro. GL = graus de liberdade; CV_{exp.} = coeficiente de variação experimental; n = dado amostrado.

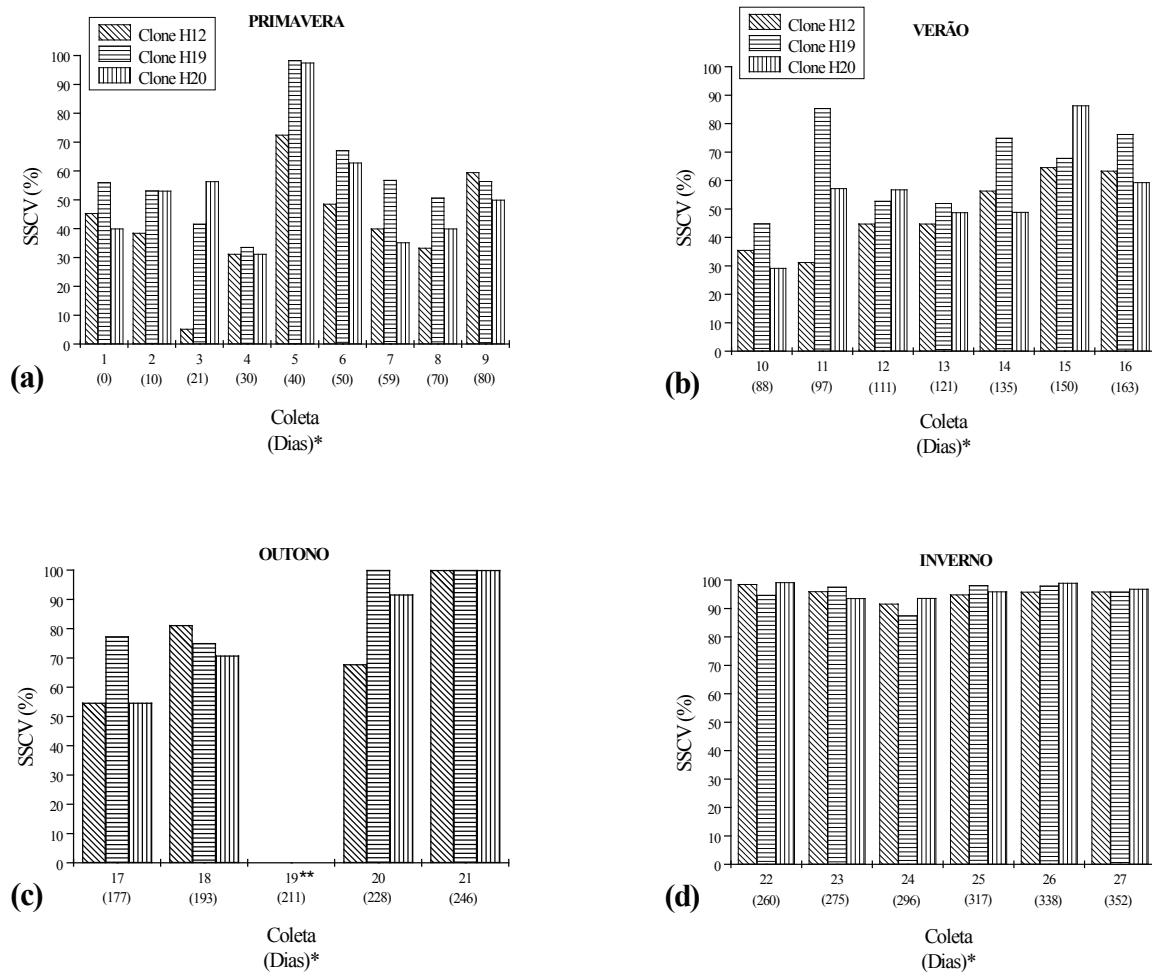


FIGURA 1: Valores médios para a sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* durante a saída da casa de vegetação (SSCV), ao longo de 352 dias de coletas sucessivas de miniestacas. (a): sobrevivência de miniestacas na primavera, (b): verão, (c): outono e (d): inverno. * Valores entre parênteses referem-se ao intervalo de dias entre as coletas. ** Dados não coletados em função da manutenção e limpeza da casa de vegetação.

FIGURE 1: Mean values for *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* minicutting survival in the greenhouse transference (SSCV) in 352 days of successive minicutting collections. (a): minicutting survival in the spring, (b): summer, (c): autumn and (d): winter. * Values in parentheses refer to the interval of days between collections. ** Data not collected in function of the maintenance and cleaning of the greenhouse.

miniestacas, independente do clone avaliado. Esse fato pode estar relacionado a variação das condições ambientais conferida pela sazonalidade na estrutura adotada para o enraizamento, a qual, nas estações mais quentes, manteve valores elevados das médias das temperaturas máximas, médias e mínimas.

Possivelmente, as elevadas temperaturas podem ter induzido estresse aos propágulos vegetativos, ocasionando a mortalidade em razão

da presença de um incipiente sistema radicular. Brondani et al. (2007) observaram que a constante elevação da média das temperaturas máximas, acima 30°C na casa de vegetação sem controle das condições ambientais resultou em fatores negativos para o enraizamento de miniestacas de *Ilex paraguariensis*. Rosa (2006) também observou que variações da temperatura durante o dia, comuns nas épocas mais quentes na região de Colombo-PR,

podem ter influenciado negativamente a SSCV de miniestacas de *Eucalyptus dunnii*.

As miniestacas apresentaram comportamento muito semelhante quanto às características da SSCS (Figura 2) em relação às mensuradas durante o EAPS (Figura 3). Contudo, os valores médios foram inferiores àqueles obtidos na casa de vegetação. Esse fato também foi observado por Almeida et al. (2007), pois as respostas dos propágulos em área de pleno sol são reflexos da aclimação das miniestacas logo após a saída da casa de vegetação, pois um sistema radicular mal

desenvolvido não é capaz de equilibrar as perdas hídricas promovidas pela evapotranspiração.

Em termos gerais, os índices de sobrevivência registrados na casa de sombra foram inferiores a 20% na primavera (Figura 2a) e a 25% no verão (Figura 2b), sendo registrados valores inferiores a 10% em algumas coletas. Durante o EAPS, os índices mantiveram-se abaixo de 10% na primavera (Figura 3a) e inferiores a 15% no verão (Figura 3b). Exceção dada a 5ª coleta, em que os valores variaram entre 25% a 40% (Figuras 2a e 3a). Esse fato pode estar relacionado, possivelmente, a

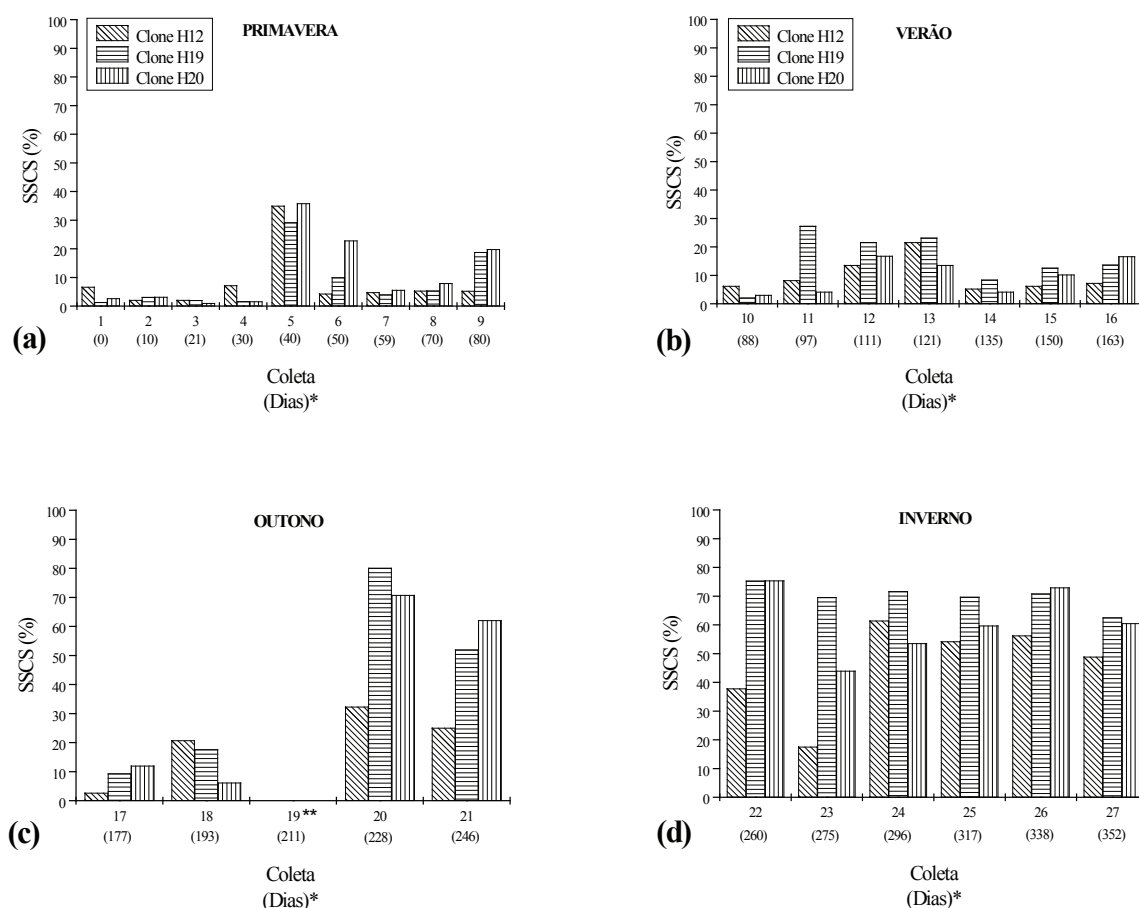


FIGURA 2: Valores médios da sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* durante a saída da casa de sombra (SSCS), ao longo de 352 dias de coletas sucessivas de miniestacas. (a): sobrevivência de miniestacas na primavera, (b): verão, (c): outono e (d): inverno. * Valores entre parênteses referem-se ao intervalo de dias entre as coletas. ** Dados não coletados em função da manutenção e limpeza da casa de vegetação.

FIGURE 2: Mean values for *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* minicutting survival in the shade house transference (SSCS) in 352 days of successive minicutting collections. (a): minicutting survival in the spring, (b): summer, (c): autumn and (d): winter. * Values in parentheses refer to the interval of days between collections. ** Data not collected in function of maintenance and cleaning of the greenhouse.

menor variação das condições ambientais na época da execução da miniestaquia, tanto na estufa que continha as minicepas quanto nos primeiros dias após a entrada das miniestacas na casa de vegetação automatizada.

No outono ocorreu aumento dos valores da SSCS (Figura 2c) e do EAPS (Figura 3c). Posteriormente, à medida que se aproximou o inverno (a partir da 20ª até a 21ª coleta), o qual é caracterizado por um decréscimo gradual da temperatura, os valores da sobrevivência tenderam a

aumentar. Os melhores resultados da SSCS (Figura 2d) e do EAPS (Figura 3d) foram registrados no inverno, em que os valores dessas características variaram entre 40% a 70% na maioria das vezes.

Existiu tendência de aumento dos valores da SSCV (Figura 1), SSCS (Figura 2) e EAPS (Figura 3) a partir da 1ª até a 22ª coleta, onde os melhores valores para essas características foram observados da 20ª até a 27ª coleta, as quais compreendem o outono e inverno.

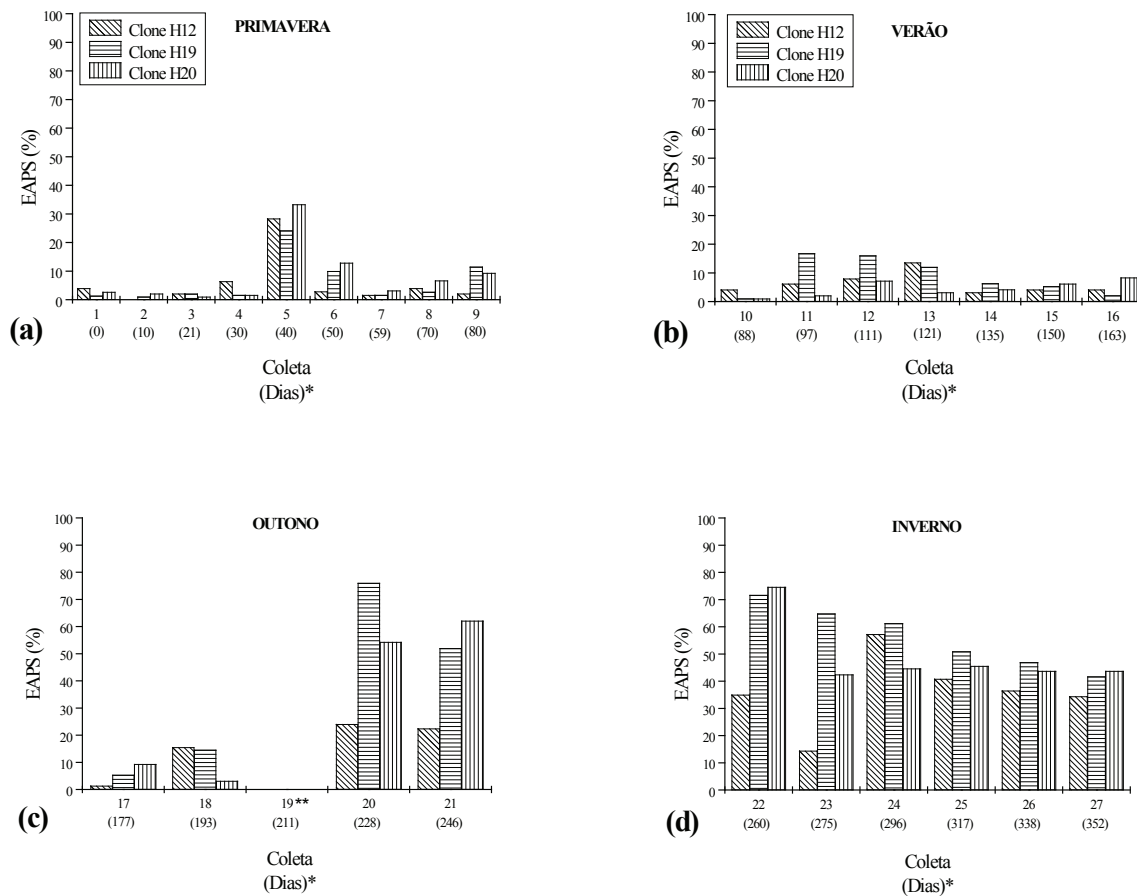


FIGURA 3: Valores médios do enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* durante avaliação em área de pleno sol (EAPS), ao longo de 352 dias de coletas sucessivas de miniestacas. (a): sobrevivência de miniestacas na primavera, (b): verão, (c): outono e (d): inverno. * Valores entre parênteses referem-se ao intervalo de dias entre as coletas. ** Dados não coletados em função da manutenção e limpeza da casa de vegetação.

FIGURE 3: Mean values for *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* minicutting rooting in the outdoor condition (EAPS) in 352 days of successive minicutting collections. (a): minicutting survival in the spring, (b): summer, (c): autumn and (d): winter. * Values in parentheses refer to the interval of days between collections. ** Data not collected in function of maintenance and cleaning of the greenhouse.

Sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das estações do ano

Houve interação entre clone e estação do ano ($p < 0,01$) para a sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação (SSCV), saída da casa de sombra (SSCS) e enraizamento em área de pleno sol (EAPS), ou seja, os clones apresentaram comportamento distinto em cada estação do ano (Tabela 2).

Durante a primavera, os clones H19 e H20 não apresentaram diferença significativa quanto a SSCV, com valores médios de 57,08% e 51,80% respectivamente. No entanto, diferiram do H12, o qual apresentou o menor valor médio para essa variável, com estimativa de 41,57% para a sobrevivência de miniestacas (Figura 4). No verão, o clone H19 apresentou valor médio de 62,04% de SSCV, diferindo do H12, o qual correspondeu a 48,69%. A média da SSCV para o clone H20 foi de 55,24%, não sendo constatada diferença significativa em relação aos demais clones. Durante o outono, o clone H19 foi superior, apresentando 87,13% de sobrevivência de miniestacas, diferindo significativamente do H12 e H20, os quais se mostraram mais sensíveis a essa estação, com 73,26% e 78,44% de SSCV, respectivamente. Contudo, durante o inverno foram registrados os

maiores índices de sobrevivência das miniestacas. Os clones apresentaram comportamento semelhante, não diferindo significativamente quanto a SSCV, com valores médios de 95,47%, 95,28% e 96,38%, respectivamente para os clones H12, H19 e H20.

Ao comparar o comportamento de cada clone em função das diferentes estações do ano, percebe-se que os clones H12 e H20 apresentaram os menores valores para a SSCV durante a primavera e verão. No outono, os valores ficaram em níveis intermediários. Porém, os maiores valores da sobrevivência das miniestacas, para ambos os clones, ocorreram apenas no inverno (Figura 4). Com relação ao clone H19, pode-se observar que os maiores índices para a SSCV ocorreram no outono e inverno, em que os valores médios não diferiram significativamente. Os menores valores para a SSCV foram registrados na primavera e verão, as quais diferiram significativamente dos valores das estações mais frias (outono e inverno) (Figura 4).

Durante as estações da primavera e verão, nas quais foram registrados os maiores valores das temperaturas máximas, médias e mínimas, ocorreram os menores valores para a SSCV, ao passo que no outono e inverno, em que existiu um decréscimo dos valores das temperaturas, os clones apresentaram os maiores valores. Quanto a SSCS (Figura 5), pode-se observar que, na primavera, os clones não diferiram

TABELA 2: Resumo da análise de variância para a sobrevivência das miniestacas durante saída da casa de vegetação (SSCV), sobrevivência na saída da casa de sombra (SSCS) e enraizamento em área de pleno sol (EAPS) de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*.
survival in the shade house transference (SSCS) and rooting in outdoor condition (EAPS) of *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*.

| Causas da Variação | GL | Quadrados Médios | | |
|------------------------|----|------------------|-------------|-------------------|
| | | SSCV | SSCS (%) | EAPS ¹ |
| Clone (CL) | 2 | 566,99 ** | 825,17 ** | 0,046 ** |
| Estação (EST) | 3 | 6.812,74 ** | 7.751,45 ** | 0,702 ** |
| CL x EST | 6 | 71,51 ** | 158,88 ** | 0,012 ** |
| Resíduo | 48 | 15,41 | 9,48 | 0,001 |
| Média | – | 70,20 | 28,49 | 22,67 |
| CV _{exp.} (%) | – | 5,59 | 10,81 | 7,37 |

Em que: **significativo a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F. ¹dados transformados por $(n/100)^{0,5}$ a 5% de probabilidade de erro. GL = grau de liberdade; CV_{exp.} = coeficiente de variação experimental; n = dado amostrado.

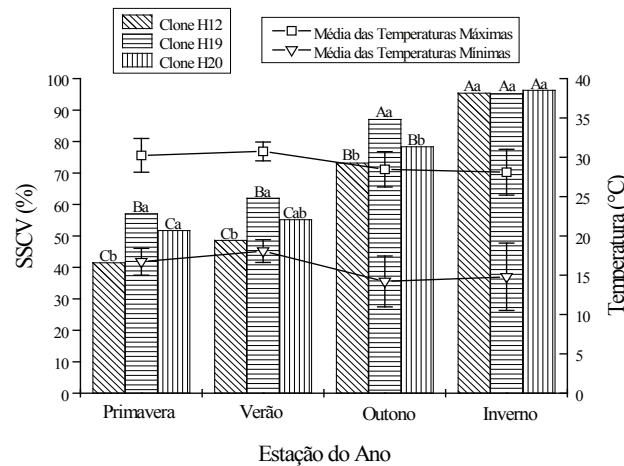


FIGURA 4: Valores médios da sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* durante a saída da casa de vegetação (SSCV) em função da estação do ano. Médias seguidas por mesma letra maiúscula para o mesmo clone entre as diferentes estações do ano e letras minúsculas entre os clones dentro da mesma estação do ano não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURE 4: Mean values for *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* minicutting survival in the greenhouse transference (SSCV) in accordance with the season. Averages followed by the same capital letter for the same clone between different seasons of the year and lowercase letters between the clones in the same season of the year do not differ significantly by Tukey test at 5% of error probability.

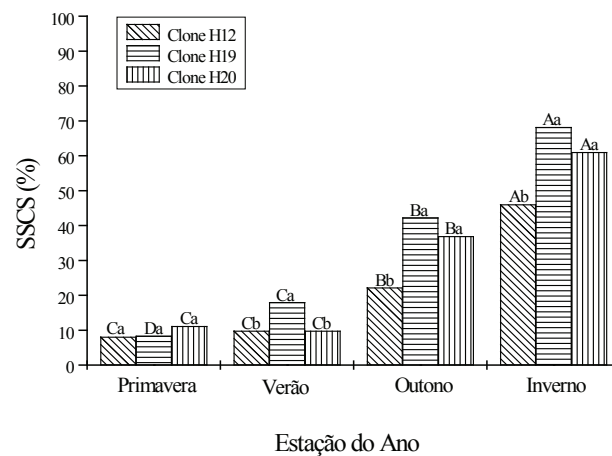


FIGURA 5: Valores médios da sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* durante a saída da casa de sombra (SSCS) em função da estação do ano. Médias seguidas por mesma letra maiúscula para o mesmo clone entre as diferentes estações do ano e letras minúsculas entre os clones dentro da mesma estação do ano não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURE 5: Mean values for *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* minicutting survival in the shade house transference (SSCS) in accordance with the season. Averages followed by the same capital letter for the same clone between different seasons of the year and lowercase letters between the clones in the same season of the year do not differ significantly by Tukey test at 5% of error probability.

significativamente, apresentando valores médios de 8,08%, 8,38% e 11,18%, respectivamente para os clones H12, H19 e H20. No entanto, a partir do verão, o comportamento foi diferenciado. Nessa estação, o clone H19 apresentou o maior valor médio, com 17,99%, diferindo do H12 e H20, os quais apresentaram valores médios de 9,79% e 9,83%, respectivamente.

No outono, os clones H19 e H20, com 42,25% e 36,91% diferiram significativamente do H12, o qual resultou no menor valor médio, com 22,22% de sobrevivência de miniestacas. Esse comportamento foi semelhante no inverno, em que os clones H19, com 68,18% e H20, com 61,04%, novamente foram superiores ao H12, que apresentou média de 46,05% de SSCS (Figura 5). Ao comparar os valores médios da SSCS de cada clone em relação às estações do ano, verifica-se que os clones H12 e H20 apresentaram comportamento semelhante. Os maiores valores observados para essa característica ocorreram durante o inverno, sendo os menores registrados na primavera e verão, as quais não diferiram significativamente. No outono, foram registrados valores intermediários em comparação às demais estações do ano. O clone H19 foi o único que apresentou comportamento diferenciado em cada estação, com aumento progressivo da SSCS com o passar do tempo. O maior valor médio foi registrado no inverno, sendo que o menor ocorreu durante a primavera (Figura 5).

Em relação ao enraizamento em área de pleno sol (EAPS), na primavera não existiu diferença significativa entre os clones, com médias de 5,71%, 6,22% e 8,09%, respectivamente para os clones H12, H19 e H20. No verão, o clone H19, o qual apresentou 8,50% de EAPS, diferiu significativamente do clone H20, que apresentou valor médio de 4,62%. O clone H12, com média de 6,20%, não diferiu significativamente em relação aos demais (Figura 6). No outono e inverno, os clones H19 e H20, os quais apresentaram superioridade quanto ao EAPS, diferiram significativamente do clone H12. No outono os clones H19 e H20 apresentaram valores médios de 39,38% e 32,04%, sendo que o H12 apresentou média de 19,59%. No inverno as médias foram de 56,20% e 49,12%, respectivamente para os clones H19 e H20 e, de 34,40% para o clone H12. Dessa forma, o clone H12 apresentou tendência de ser um material genético com baixa capacidade rizogênica em comparação aos clones H19 e H20 (Figura 6).

Ao comparar o EAPS de cada clone em

relação às diferentes estações do ano, pode-se verificar que os clones H12 e H19 apresentaram comportamento semelhante. Os menores valores de miniestacas enraizadas foram registrados durante a primavera e verão, em que não foi constatada diferença significativa. A maior porcentagem de enraizamento foi verificada no inverno, seguido do outono. O clone H20 apresentou valores de enraizamento diferenciado ao longo das estações do ano. O maior valor de miniestacas enraizadas em área de pleno sol ocorreu no inverno seguido do outono. Os menores valores do EAPS foram verificados durante a primavera e verão (Figura 6).

Fatores como as condições fisiológicas das plantas doadoras de brotações, bem como, as condições ambientais que são submetidos os propágulos vegetativos, exercem influência determinante para o enraizamento (ELDRIDGE et al., 1994). Além disso, Alfnas et al. (2004) salientam que as oscilações do fotoperíodo e da temperatura ao longo da época do ano apresentam-se como fatores decisivos na indução de raízes em propágulos vegetativos.

A SSCV, SSCS e EAPS apresentaram elevada correlação quanto aos valores médios das temperaturas máximas ($T_{máx}$), temperaturas médias ($T_{méd}$) e temperaturas mínimas ($T_{mín}$) registradas na casa de vegetação automatizada (Tabela 3). Esse fato denota que as variações da temperatura, no leito inicial de enraizamento, apresentam grande influência no enraizamento das miniestacas e, de certa forma, seus efeitos refletiram diretamente nas fases de aclimatização e rustificação das mudas.

Apesar dos avanços, existem poucos estudos que relacionam a influência dos fatores ambientais na produção de brotos em minijardins clonais bem como sobre os processos de enraizamento de miniestacas (ALFNAS et al., 2004). Recentemente, Cunha (2006) verificou que a temperatura influenciou o enraizamento de miniestacas, sendo dependente do clone e do tipo de minijardim clonal. Para o minijardim clonal conduzido em leito de areia, a diminuição da temperatura favoreceu o enraizamento, no entanto, em condições de minijardim clonal em sistema de tubetes, o enraizamento foi favorecido pelo aumento da temperatura.

Torres (2003) observou correlação significativa do efeito da sazonalidade com a sobrevivência de miniestacas dentro da casa de vegetação automatizada. Para o clone A (um híbrido de *Eucalyptus saligna*) foi estimado ganho de

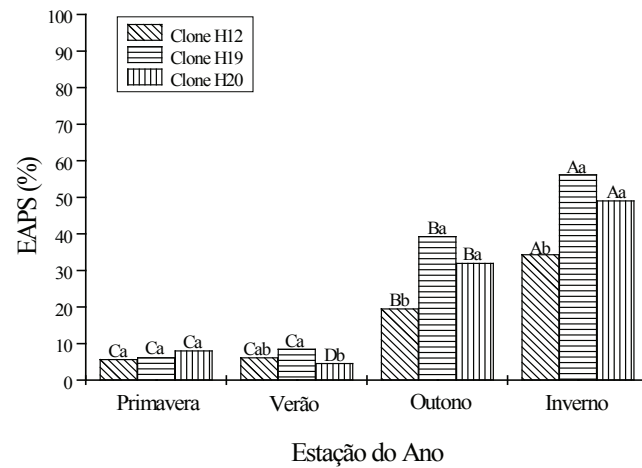


FIGURA 6: Valores médios do enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* durante avaliação em área de pleno sol (EAPS) em função da estação do ano. Médias seguidas por mesma letra maiúscula para o mesmo clone entre as diferentes estações do ano e letras minúsculas entre os clones dentro da mesma estação do ano não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

FIGURE 6: Mean values for *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* minicutting rooting in the outdoor condition (EAPS) in accordance with the season. Averages followed by the same capital letter for the same clone between different seasons of the year and lowercase letters between the clones in the same season of the year do not differ significantly by Tukey test at 5% of error probability.

TABELA 3: Matriz de Correlação de Pearson entre a sobrevivência de miniestacas durante saída da casa de vegetação (SSCV), sobrevivência na saída da casa de sombra (SSCS), enraizamento em área de pleno sol (EAPS), médias das temperaturas máximas (Tmáx), temperaturas médias (Tméd) e temperaturas mínimas (Tmín) registradas na casa de vegetação automatizada, ao longo de 352 dias de coletas sucessivas de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*.

TABLE 3: Pearson correlation matrix between the minicutting survival in greenhouse transference (SSCV), survival in shade house transference (SSCS), rooting in outdoor condition (EAPS), average maximum temperatures (Tmáx), average temperatures (Tméd) and minimum temperatures (Tmín) collected in the automatized greenhouse, in 352 days of successive minicutting collections of *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*.

| Característica | SSCV | SSCS | EAPS | Tmáx | Tméd | Tmín |
|----------------|----------|----------|----------|---------|---------|-------|
| SSCV | 1,000 | | | | | |
| SSCS | 0,734** | 1,000 | | | | |
| EAPS | 0,716** | 0,956** | 1,000 | | | |
| Tmáx | -0,639** | -0,688** | -0,665** | 1,000 | | |
| Tméd | -0,582** | -0,655** | -0,735** | 0,757** | 1,000 | |
| Tmín | -0,441** | -0,514** | -0,632** | 0,485** | 0,939** | 1,000 |

Em que: **significativo a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F.

2,60% na sobrevivência de miniestacas durante o verão (estação mais quente) ao comparar com a do inverno. Para o clone B (um híbrido de *Eucalyptus grandis*), existiu ganho de 1,69% na sobrevivência durante a estação mais quente. O autor salienta que, nas condições ambientais da casa de vegetação automatizada, a radiação solar líquida apresentou a maior oscilação ao longo das estações do ano, atribuindo a esse fato, um dos fatores de grande influência para os resultados de sobrevivência.

Além disso, a capacidade do propágulo em emitir raízes é característica da interação de fatores que se encontram presentes nas células do tecido vegetal, como substâncias transportáveis produzidas nas folhas e gemas. Dessa forma, as variações climáticas sazonais podem afetar significativamente o estado fisiológico da planta-matriz, podendo sofrer alterações hormonais endógenas, nutricionais e no balanço entre promotores e inibidores do enraizamento (HARTMANN et al., 2002). Torres (2003) observou que as brotações mais aptas para o emprego da miniestaquia estão diretamente relacionadas ao aumento dos níveis de carboidratos em função da época do ano e do intervalo entre as coletas de brotações. O autor salienta que o aumento da periodicidade entre as coletas aumenta-se a área foliar específica, permitindo assim maior produção de fotoassimilados e incremento dos níveis endógenos de carboidratos no caule.

Os valores médios de enraizamento das miniestacas observados nas estações mais frias (outono e inverno) estão próximos aos valores comumente encontrados na miniestaquia de *Eucalyptus* (TITON et al., 2003; SOUZA JUNIOR e WENDLING, 2003; WENDLING e XAVIER, 2005; ROSA, 2006; ALMEIDA et al., 2007). No entanto, os valores de enraizamento registrados na primavera e verão (estações mais quentes) indicam comportamento recalcitrante dos clones, em relação a espécies mais adaptadas a essas condições, como o *Eucalyptus grandis*.

Outra hipótese estaria ligada em nível de comportamento de genótipo, em que praticamente todas as espécies de clima subtropical, as quais são tolerantes ao frio, são consideradas recalcitrantes ao enraizamento, o que dificulta o uso dessas fontes genéticas em programas clonais visando à resistência ao frio (ASSIS e MAFIA, 2007). A exemplo, essa característica é observada para as espécies de *Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus regans* (ELDRIDGE et al., 1994), *Eucalyptus benthamii* (GRAÇA et al., 1999) e *Eucalyptus dunnii*

(COOPER e GRAÇA, 1987; COOPER e GRAÇA, 1994) as quais são difíceis de enraizar ao comparar com espécies de clima tropical, como o *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* e seus híbridos (ASSIS e MAFIA, 2007). Dessa forma, o fato das espécies parentais apresentarem comportamento recalcitrante aos processos rizogênicos, também pode ter influenciado os baixos índices de enraizamento.

No geral, em termos da SSCV (Figura 4), SSCS (Figura 5) e EAPS (Figura 6) das miniestacas, os clones mostraram-se sensíveis ao efeito da sazonalidade. Nas estações em que foram registrados os maiores valores médios das temperaturas máximas e mínimas, ou seja, na primavera e verão (estações mais quentes), ocorreram as menores porcentagens de enraizamento. Efeito contrário existiu no outono e inverno (estações mais frias), em que o decréscimo dos valores da temperatura correspondeu aumento dos índices de sobrevivência.

CONCLUSÕES

A sobrevivência e o enraizamento de miniestacas variaram conforme o clone e mostraram-se sensíveis ao efeito da sazonalidade.

Independente do clone, os melhores índices de sobrevivência e enraizamento foram registrados nas estações mais frias (outono e inverno) e os menores nas estações mais quentes (primavera e verão).

Os clones H19 e H20 apresentaram os maiores índices de sobrevivência e enraizamento.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Florestas, à Universidade Federal do Paraná e ao CNPq pelo suporte prestado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Ed. UFV, 2004. 442 p.
- ALMEIDA, F. D. et al. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 455-463, maio/jun. 2007.
- ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BOREM, A. (Ed.). **Biociência Florestal**. Viçosa: Suprema, 2007, p. 93-121.
- BRONDANI, G. E. et al. Ácido indolbutírico em gel para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus*

- benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 153-158, 2008.
- BRONDANI, G. E. et al. Ambiente de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 257-267, 2007.
- BRONDANI, G. E. **Miniestaquia e micropropagação de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2008, 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- COOPER, M. A.; GRAÇA, M. E. C. **Enraizamento de estacas de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. Colombo: EMBRAPA/CNPF, 1994. (Circular Técnica, 22)
- COOPER, M. A.; GRAÇA, M. E. C. **Perspectivas para a maximização de enraizamento de estacas de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. Curitiba: EMBRAPA/CNPF, 1987. (Circular Técnica, 12)
- CUNHA, A. C. M. C. M. **Relações do estado nutricional de minicepas e condições meteorológicas com o número e o enraizamento de miniestacas de eucalipto**. 2006, 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- ELDRIDGE, K. et al. Mass vegetative propagation. In: ELDRIDGE, K. et al. ***Eucalypt* domestication and breeding**. Oxford: Clarendon Press, 1994, p. 228-246.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Programa SOC - Software Científico**, Versão 2.1, Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 1990.
- GRAÇA, M. E. C. et al. Capacidade de rebrota e de enraizamento de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 135-138, 1999.
- HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 7th ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002. 880 p.
- NISGOSKI, S. et al. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 67-76, 1998.
- PALUDZYSZYN FILHO, E. et al. **Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas - CNPF, 2006. (Documentos, 129)
- ROSA, L. S. **Adubação nitrogenada e substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2006, 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 2006.
- SOUZA JUNIOR, L.; WENDLING, I. Propagação vegetativa de *Eucalyptus dunnii* via miniestaquia de material juvenil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 46, p. 21-30, 2003.
- TITON, M. et al. Efeito do AIB no enraizamento de miniestacas e microestacas de clones de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 1-7, jan./fev. 2003.
- TORRES, A. G. M. **Relação entre sazonalidade, desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia**. 2003, 65 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2003.
- WENDLING, I.; XAVIER, A. Influência do ácido indolbutírico e da miniestaquia seriada no enraizamento e vigor de miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 921-930, Nov./dez. 2005.
- WENDLING, I.; XAVIER, A. Miniestaquia seriada no rejuvenescimento de clones de *Eucalyptus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 4, p. 475-480, abr. 2003.