



**INFLUÊNCIA DAS OSCILAÇÕES CLIMÁTICAS NA MINIESTAQUIA DE *Eucalyptus benthamii* X *E. dunnii***

**PATRÍCIA PEREIRA PIRES**

**TESE DE DOUTORADO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**INFLUÊNCIA DAS OSCILAÇÕES CLIMÁTICAS NA  
MINIESTAQUIA DE *Eucalyptus benthamii* X *E. dunnii***

**PATRÍCIA PEREIRA PIRES**

**ORIENTADOR: Dr. ANDERSON MARCOS DE SOUZA**

**COORIENTADOR: Dr. IVAR WENDLING**

**TESE DE DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**PUBLICAÇÃO: PPGEFL. TD. – 050/2015**

**BRASÍLIA – DF, FEVEREIRO DE 2015**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**INFLUÊNCIA DAS OSCILAÇÕES DE CLIMÁTICAS NA MINIESTAQUIA DE  
*Eucalyptus benthamii* X *E. dunnii***

**PATRÍCIA PEREIRA PIRES**

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR.

APROVADO POR:

---

Profº Dr. ANDERSON MARCOS DE SOUZA (Departamento de Engenharia Florestal ---- EFL/UnB):  
(Orientador)

---

Profº Dra. ROSANA CARVALHO CRISTO MARTINS (Departamento de Engenharia Florestal ----EFL/UnB):  
(Examinador Interno)

---

Profº Dr. REGINALDO SÉRGIO REZENDE (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB):  
(Examinador interno)

---

Profº Dr, GILVANO EBLING BRONDANI (Universidade Federal do Mato Grosso-UFMT):  
(Examinador Externo)

---

Profº Dra. FRANCINE NEVES CALIL (Universidade Federal de Goiás-UFG):  
(Examinador Externo)

---

Profº Dr. Ricardo de Oliveira Gaspar (Departamento de Engenharia Florestal - EFL/UnB):  
(Examinador Suplente)

Brasília, 23 de Fevereiro de 2015

Pires, Patrícia Pereira.  
P667i Influência das oscilações climáticas na miniestaquia de *Eucalyptus Bentharii* x *E. Dunnii* / Patrícia Pereira Pires.  
-- 2015.  
xviii, 89 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, 2015.

Orientação: Anderson Marcos de Souza ; coorientação: Ivar Wendling.

Inclui bibliografia.

1. Eucalipto. 2. Clonagem. 3. Mudanças climáticas.  
I. Souza, Anderson Marcos de. II. Wendling, Ivar.  
III. Título.

CDU 633.878.91

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

**PIRES, P. P. 2015. Influência das oscilações climáticas na miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii*.** Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.TD – 050/2015. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 89 f.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Patrícia Pereira Pires

TÍTULO: Influência das oscilações climáticas na miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii*.

GRAU: Doutor

ANO: 2015

É concedido à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor

---

Patrícia Pereira Pires  
*piresppatricia@gmail.com*

*“Todos os homens, por natureza, desejam saber.”*

*(Aristóteles)*

*“A sabedoria não nos é dada. É preciso descobri-la por nós mesmos, depois de uma viagem que ninguém nos pode poupar ou fazer por nós.”*

*(Marcel Proust)*

À minha querida tia Deise Pires (*in memoriam*), sempre presente em nossos corações,

**DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

Sou grata à Deus por ter me capacitado a cada dia. Pelo ânimo renovado a cada manhã.

Ao meu orientador da Embrapa Florestas desde a graduação, Dr. Ivar Wendling. É um referencial para mim em pesquisa na área florestal. Obrigada por tudo que me ensinou nesses oito anos entre orientações de estágio, mestrado e doutorado.

Ao meu orientador de doutorado, Prof. Dr. Anderson Marcos de Souza. Obrigada pela confiança em me receber como orientada, por toda ajuda dada desde o meu ingresso no programa de pós-graduação em Ciências Florestais da Universidade de Brasília e principalmente pela amizade cultivada.

Aos funcionários da Embrapa Florestas, Vero, Joel, Harry, pela amizade e comprometimento nos auxílios durante o desenvolvimento dos experimentos.

Ao meu amado marido, Vitor Junqueira, obrigada pelo amor, compreensão e por tornar os momentos difíceis mais fáceis de serem superados. Seu otimismo, força e apoio são a base para esse caminho que traçamos e creio que será para toda nossa vida. Agradeço a Deus por ter te escolhido para mim.

A minha querida família, a separação nesses três anos não foi fácil, sair do convívio semanal que tínhamos para uma distância de mais de 1500 km foi algo a ser superado a cada dia, a saudade ainda é imensa, mas sei que torcem por mim nesse caminho que escolhi traçar. Obrigada pelo apoio, confiança e amor.

A minha amiga e irmã por escolha, Dagma, tantas coisas que vivemos juntas nesses anos de graduação, mestrado e mesmo que distante, mas sempre presente no doutorado. Compartilhamos das mesmas angústias que a pós-graduação nos trazia, e também das alegrias e conquistas. Agora, estamos juntas, finalizando mais essa etapa, e também juntas, compartilhamos da alegria da aprovação no concurso público para professor universitário.

Aos amigos da Pós EFL- UnB, Glauce, Ludovico, Tita, Gileno, Fábio, Kever, pessoas mais que especiais. A convivência foi breve, mas sei que nos encontraremos em outros momentos da vida. Aprendi muito com cada um de vocês, diferentes culturas, sotaques, experiências, que só o nosso Brasil pode nos proporcionar.

Aos professores e funcionários da Pós-graduação em Ciências Florestais, em especial aos secretários Chiquinho e Pedro, sempre resolvendo tudo que precisávamos. Obrigada por toda ajuda prestada e momentos de descontração.

A banca examinadora, por ter aceitado o convite e por contribuir com suas riquíssimas sugestões e avaliações realizadas no trabalho.

## RESUMO

### INFLUÊNCIA DAS OSCILAÇÕES CLIMÁTICAS NA MINIESTAQUIA DE

#### *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii*

O Sul do país apresenta frequente ocorrência de geadas severas como principal fator que restringe o desenvolvimento da maioria das espécies do gênero *Eucalyptus*. Devido a adaptabilidade a essas condições, o *E. benthamii* e o *E. dunnii* são espécies alternativas para essas condições climáticas. Outro fator limitante nas regiões subtropicais refere-se à produção de mudas clonais dessas espécies, as quais apresentam uma queda na produção de propágulos e dos processos rizogênicos principalmente no período frio. Considerando o exposto, o presente estudo objetivou avaliar a influência das oscilações climáticas semanais quanto à capacidade de produção de propágulos e sobrevivência das minicepas, bem como quanto à sobrevivência, enraizamento e vigor radicial das miniestacas de três híbridos de *E. benthamii* x *E. dunnii* no decorrer de um ano. Foram realizadas 41 coletas sucessivas de propágulos no minijardim clonal de sistema semi-hidropônico. Após a confecção das miniestacas, essas foram tratadas com 2.000 mg L<sup>-1</sup> do fitorregulador vegetal ácido indolbutírico (AIB) e estaqueadas em substrato composto pela mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita média (1:1). Em seguida foram transferidas para casa de vegetação por um período médio de 36 dias. Decorrido esse tempo as mesmas foram transferidas para casa de sombra para aclimação, na qual permaneceram em média, 19 dias. Visando a rustificação, foram transferidas para área de pleno sol por média, de 31 dias. Avaliaram-se no minijardim a sobrevivência das minicepas (SM) e a produção de miniestacas por metro quadrado ao mês (PMM), a sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação (SCV) e qualidade do sistema radicial através do número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CMR) e comprimento total de raízes (CTR). Na saída da casa de sombra foi avaliada a sobrevivência (SCS) e na área de pleno sol avaliou-se o enraizamento (EPS), o comprimento da parte aérea (CPA) e diâmetro do colo (DC) das mudas formadas. Foi ajustado um modelo de regressão linear múltipla para cada variável supracitada em função das variáveis climáticas máximas, médias e mínimas das semanas. Para cada ambiente do processo de propagação e semana de desenvolvimento verificou-se uma dependência diferenciada das condições climáticas semanais. A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) máxima foi a variável de maior influência no modelo ajustado para a produtividade de miniestacas. Para a sobrevivência em casa de vegetação e casa de sombra a variável climática de maior influência foi a umidade relativa do ar, tendo a temperatura a maior participação no desenvolvimento radicial. Em área a pleno sol, a máxima temperatura, PAR e umidade relativa tiveram grande influência no desenvolvimento final da muda clonal. Sabendo que nesses ambientes ocorrem várias fases de desenvolvimento rizogênico simultaneamente, com necessidades diferenciadas para cada uma, é impraticável e inviável economicamente estabelecer diferentes manejos para cada período de desenvolvimento, a partir disso, recomenda-se que o controle principal deve ocorrer primeiramente na variável climática de maior influência nas semanas de desenvolvimento da muda clonal para cada etapa do processo de miniestaquia.

**Palavras-chave:** clonagem, *Eucalyptus* subtropical, variáveis climáticas.

## ABSTRACT

### INFLUENCE OF CLIMATE FLUCTUATIONS IN MINICUTTINGS OF *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii*

The occurrence of frosts in south Brazil is the main factor that restricts the development of most species from *Eucalyptus* genus. Due to the adaptability to its conditions, *E. benthamii* and *E. dunnii* are alternative species for its climatic conditions. However, another limiting factor in subtropical regions is related to clone production that shows a production drop for mini-cuttings and rooting in cold period. Based on this consideration, this study aimed to evaluate the influence of weekly climatic oscillation, regarding to survival, rooting and roots vigor from mini-cuttings from three hybrids of *E. benthamii* x *E. dunnii* throughout a year. Forty-one (41) consecutive sprouts samplings were collected in a mini-clonal hedge with a semi-hydroponic system. After minicuttings preparation, they were treated with 2000 mg L<sup>-1</sup> of the vegetable plant regulator indole butyric acid (IBA) and staked on substrate composed of carbonized by rice husk-bark and vermiculite (1: 1). After, they were transferred to a greenhouse for an average period of 36 days. After this period they were transferred to shade house for acclimatization, where remained for an average of 19 days. Aiming hardening, they were transferred to full sunlight condition in an average of 31 days. The survival of ministumps (SM) and production of minicuttings per square meter per month (PMM), the survival of minicuttings off the greenhouse (SCV) and quality of the roots through the number of roots (NR), length of roots (CMR) and length of roots (CTR) were evaluated in mini-clonal hedge. After the period in shadow house, survival (SCS) was evaluated. In full sun area, the following variables were evaluated: rooting (EPS) shoot length (CPA) and stem diameter (DC) of the formed clones. A multiple linear regression model for each variable above in reference to the maximum climatic variables, average and minimum of weeks was adjusted. For each environment and for each development stage, the differentiated dependence for weekly climatic conditions was verified. Maximum photosynthetically active radiation (PAR) was the most influent variable in the adjusted model for mini-cuttings production. Survival in greenhouse and shade house was mainly affected by humidity, being the temperature more participative in root development. In full sunlight area, maximum temperature, PAR and humidity showed a great influence in final development of the clone. Knowing that there are different development simultaneous phases in these environments, with different necessities for each one, it is impractical and uneconomic to establish different management for each development period, so, it is recommended that the main control should be firstly done in the climatic variable that influence the most in weekly development for each stage of minicutting process.

**Key-words:** cloning, subtropical *Eucalyptus*, climate variables.

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL

1 – INTRODUÇÃO GERAL .....	1
1.1 – OBJETIVO GERAL .....	2
1.1.1 – Objetivos específicos .....	3

### CAPÍTULO II – REFERENCIAL TEÓRICO

1 – O GÊNERO <i>Eucalyptus</i> .....	4
1.1 – <i>Eucalyptus dunnii</i> .....	5
1.2 – <i>Eucalyptus benthamii</i> .....	6
1.3 – HÍBRIDO <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> .....	7
2 – MINIESTAQUIA .....	7
3 – FATORES CLIMÁTICOS QUE AFETAM O ENRAIZAMENTO .....	9
3.1 – LUZ .....	9
3.2 – TEMPERATURA .....	12
3.3 – UMIDADE RELATIVA DO AR .....	14

### CAPÍTULO III – INFLUÊNCIA DAS OSCILAÇÕES CLIMÁTICAS NA PRODUÇÃO DE BROTAÇÕES EM MINIJARDIM CLONAL DE *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii*

1 – INTRODUÇÃO .....	17
2 – MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3 – RESULTADOS .....	20
4 – DISCUSSÃO .....	25
5 – CONCLUSÃO .....	28

**CAPÍTULO IV - INFLUÊNCIA DAS OSCILAÇÕES CLIMÁTICAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* POR MINIESTAQUIA**

1 – INTRODUÇÃO .....	30
2 – MATERIAL E MÉTODOS .....	31
3 – RESULTADOS .....	34
3.1 – SOBREVIVÊNCIA DAS MINIESTACAS NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO	34
3.2 – VIGOR RADICIAL DAS MINIESTACAS NA SAÍDA CASA DE VEGETAÇÃO .....	39
3.3 – SOBREVIVÊNCIA DAS MINIESTACAS NA SAÍDA DA CASA DE SOMBRA .....	47
3.4 – ENRAIZAMENTO DAS MINIESTACAS NA SAÍDA DA ÁREA A PLENO SOL .....	51
3.5 – COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA E DIÂMETRO DO COLO DAS MUDAS RUSTIFICADAS A PLENO SOL.....	55
4 –DISCUSSÃO .....	60
5 – CONCLUSÕES .....	64
CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
APÊNDICES .....	76

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO III

<b>Tabela 3.1</b> – Resumo da análise de variância para produção de miniestacas por metro quadrado ao mês (PMM) de <i>Eucalyptus benthamii</i> × <i>Eucalyptus dunnii</i> em minijardim clonal. ....	20
<b>Tabela 3.2</b> – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido e porcentagem de partição nos efeitos ( $R^2$ ) para a produção de miniestacas por metro quadrado ao mês (PMM) de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>E. dunnii</i> em minijardim clonal. ....	24
<b>Tabela 3.3</b> – Estatísticas descritivas das variáveis climáticas no minijardim clonal de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> . ....	24

### CAPÍTULO IV

<b>Tabela 4.1</b> – Resumo da análise de variância para a sobrevivência das miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> × <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da casa de vegetação (SCV). ....	34
<b>Tabela 4.2</b> – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para a sobrevivência de miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da casa de vegetação. ....	37
<b>Tabela 4.3</b> – Estatísticas descritivas das variáveis climáticas em casa de vegetação. ....	38
<b>Tabela 4.4</b> – Resumo da análise de variância para o número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CMR) e comprimento total de raízes (CTR) de miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> × <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da casa de vegetação. ....	39
<b>Tabela 4.5</b> – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para o número de raízes formadas por miniestaca de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída casa de vegetação. ....	43
<b>Tabela 4.6</b> – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para o comprimento da maior raiz formada por miniestaca de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da casa de vegetação. ....	45
<b>Tabela 4.7</b> – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para o comprimento total das raízes formadas por miniestaca de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da casa de vegetação. ....	46
<b>Tabela 4.8</b> – Resumo da análise de variância para a sobrevivência de miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> × <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da casa de sombra. ....	47

<b>Tabela 4.9</b> – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para a sobrevivência das miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da casa de sombra. ....	50
<b>Tabela 4.10</b> – Estatísticas descritivas para as variáveis climáticas em casa de sombra. ...	50
<b>Tabela 4.11</b> – Resumo da análise de variância para o enraizamento das miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da área a pleno sol (EPS).....	51
<b>Tabela 4.12</b> – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para o enraizamento das miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da área a pleno sol. ....	54
<b>Tabela 4.13</b> – Estatísticas descritivas para as variáveis climáticas na área a pleno sol. ....	54
<b>Tabela 4.14</b> – Resumo da análise de variância para o comprimento da parte aérea (CPA) e diâmetro do colo (DC) de miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da área a pleno sol.....	55
<b>Tabela 4.15</b> – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para o comprimento da parte aérea das miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da área a pleno sol. ....	58
<b>Tabela 4.16</b> – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para o diâmetro do colo das miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da área a pleno sol. ....	60

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO III

- Figura 3.1** – (a) Minijardim clonal e; (b) Minicepa formada de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*. .....18
- Figura 3.2** – Densidade de probabilidade em relação à produção de miniestacas por metro quadrado ao mês de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* em minijardim clonal. ....21
- Figura 3.3** – (a) Produção de miniestacas por metro quadrado ao mês de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*; (b) Umidade relativa do ar (UR); (c) Temperatura do ar e (d) Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) máxima, média e mínima em função das diferentes semanas no minijardim clonal. ....22
- Figura 3.4** – Produção de miniestacas estimada e observada segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* em minijardim clonal. ....23

### CAPÍTULO IV

- Figura 4.1** – Densidade de probabilidade em relação à sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de vegetação. ....35
- Figura 4.2** – (a) Sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*; (b) Umidade relativa do ar (%) máxima, média e mínima; (c) Temperatura (°C) máxima, média e mínima em função das diferentes semanas de entrada em casa de vegetação. ....36
- Figura 4.3** – Sobrevivência de miniestacas estimada e observada segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de vegetação. ....37
- Figura 4.4** – Umidade relativa do ar média (%) em função das diferentes semanas em casa de vegetação. ....38
- Figura 4.5** – Densidade de probabilidade em relação ao (a) número de raízes; (b) comprimento da maior raiz; (c) comprimento total de raízes por miniestaca de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de vegetação. ....40
- Figura 4.6** – (a) número de raízes; (b) comprimento da maior raiz e (c) comprimento total de raízes por miniestaca de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* em função das diferentes semanas de entrada em casa de vegetação. ....41

<b>Figura 4.7</b> – Número de raízes estimado e observado segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> em casa de vegetação.....	42
<b>Figura 4.8</b> – Comprimento da maior raiz estimado e observado segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da casa de vegetação.....	44
<b>Figura 4.9</b> – Comprimento total de raízes estimado e observado segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da casa de vegetação.....	46
<b>Figura 4.10</b> – Densidade de probabilidade em relação à sobrevivência de miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da casa de sombra.....	47
<b>Figura 4.11</b> – (a) Sobrevivência das miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> ; (b) Umidade relativa do ar (%); (c) Temperatura (°C) e (d) Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) máxima, média e mínima em função das diferentes semanas de entrada em casa de sombra.....	48
<b>Figura 4.12</b> – Sobrevivência estimada e observada segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> em casa de sombra.....	49
<b>Figura 4.13</b> – Densidade de probabilidade em relação ao enraizamento das miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da área a pleno sol.....	51
<b>Figura 4.14</b> – (a) Enraizamento de miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> ; (b) Umidade relativa do ar (%); (c) Temperatura (°C) e (d) Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) máxima, média e mínima em função das diferentes semanas na área a pleno sol. *Semana 22 a 28: Intervalo sem dado climático (T e UR) devido falha do sensor medidor.....	52
<b>Figura 4.15</b> – Enraizamento estimado e observado segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da área a pleno sol.....	53
<b>Figura 4.16</b> – Densidade de probabilidade em relação ao (a) comprimento da parte aérea (CPA) e (b) diâmetro do colo (DC) das miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da área a pleno sol.....	56
<b>Figura 4.17</b> – (a) Comprimento da parte aérea e (b) Diâmetro do colo de miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> em função das diferentes semanas de entrada na área a pleno sol.....	57

<b>Figura 4.18</b> – Comprimento da parte aérea estimado e observado segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da área a pleno sol. ....	58
<b>Figura 4.19</b> – Diâmetro do colo (DC) estimado e observado segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para miniestacas de <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> na saída da área a pleno sol. ....	59

## LISTA DE APÊNDICES

<b>A</b> – COLETA E TEMPO PARA FORMAÇÃO DAS MUDAS CLONAIS DO HÍBRIDO <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> EM CADA AMBIENTE DO PROCESSO DE MINIESTAQUIA. ....	77
<b>B</b> – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO MINIJARDIM CLONAL DE <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> .....	78
<b>C</b> – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS EM CASA DE VEGETAÇÃO. ....	78
<b>D</b> – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS EM CASA DE SOMBRA.....	78
<b>E</b> – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NA ÁREA A PLENO SOL. ....	78
<b>F</b> – MÉDIA MENSAL DA TEMPERATURA MÁXIMA ( $T_{máx}$ ), MÉDIA ( $T_{méd}$ ), MÍNIMA ( $T_{mín}$ ) A CADA HORA NO MINIJARDIM CLONAL DE <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> DURANTE DOZE MESES.....	79
<b>G</b> – MÉDIA MENSAL DA UMIDADE RELATIVA MÁXIMA ( $U_{máx}$ ), MÉDIA ( $U_{méd}$ ), MÍNIMA ( $U_{mín}$ ) A CADA HORA NO MINIJARDIM CLONAL DE <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> DURANTE DOZE MESES.....	80
<b>H</b> – MÉDIA MENSAL DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA -PAR MÁXIMA ( $PAR_{máx}$ ), MÉDIA ( $PAR_{méd}$ ), MÍNIMA ( $PAR_{mín}$ ) A CADA HORA NO MINIJARDIM CLONAL DE <i>Eucalyptus benthamii</i> x <i>Eucalyptus dunnii</i> DURANTE DOZE MESES.....	81
<b>I</b> – MÉDIA MENSAL DA TEMPERATURA MÁXIMA ( $T_{máx}$ ), MÉDIA ( $T_{méd}$ ), MÍNIMA ( $T_{mín}$ ) A CADA HORA EM CASA DE VEGETAÇÃO DURANTE DOZE MESES.....	82
<b>J</b> – MÉDIA MENSAL DA UMIDADE RELATIVA MÁXIMA ( $U_{máx}$ ), MÉDIA ( $U_{méd}$ ), MÍNIMA ( $U_{mín}$ ) A CADA HORA EM CASA DE VEGETAÇÃO DURANTE DOZE MESES.....	83
<b>K</b> – MÉDIA MENSAL DA TEMPERATURA MÁXIMA ( $T_{máx}$ ), MÉDIA ( $T_{méd}$ ), MÍNIMA ( $T_{mín}$ ) A CADA HORA EM CASA DE SOMBRA DURANTE TREZE MESES. ....	84

<b>L</b> – MÉDIA MENSAL DA UMIDADE RELATIVA MÁXIMA ( $U_{m\acute{a}x}$ ), MÉDIA ( $U_{m\acute{e}d}$ ), MÍNIMA ( $U_{m\acute{i}n}$ ) A CADA HORA EM CASA DE SOMBRA DURANTE TREZE MESES. .....	85
<b>M</b> – MÉDIA MENSAL DA RADIAÇÃO FOTOSSINTÉTICAMENTE ATIVA -PAR MÁXIMA ( $PAR_{m\acute{a}x}$ ), MÉDIA ( $PAR_{m\acute{e}d}$ ), MÍNIMA ( $PAR_{m\acute{i}n}$ ) A DURANTE TREZE MESES.....	86
<b>N</b> – MÉDIA MENSAL DA TEMPERATURA MÁXIMA ( $T_{m\acute{a}x}$ ), MÉDIA ( $T_{m\acute{e}d}$ ), MÍNIMA ( $T_{m\acute{i}n}$ ) A CADA HORA EM ÁREA A PLENO SOL DURANTE TREZE MESES.....	87
<b>O</b> – MÉDIA MENSAL DA UMIDADE RELATIVA MÁXIMA ( $U_{m\acute{a}x}$ ), MÉDIA ( $U_{m\acute{e}d}$ ), MÍNIMA ( $U_{m\acute{i}n}$ ) A CADA HORA EM ÁREA A PLENO SOL DURANTE TREZE MESES.....	88
<b>P</b> – MÉDIA MENSAL DA RADIAÇÃO FOTOSSINTÉTICAMENTE ATIVA-PAR MÁXIMA ( $PAR_{m\acute{a}x}$ ), MÉDIA ( $PAR_{m\acute{e}d}$ ), MÍNIMA ( $PAR_{m\acute{i}n}$ ) A CADA HORA NA ÁREA A PLENO SOL DURANTE TREZE MESES. ....	89

## LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

$\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  – Micromol por metro quadrado por segundo

CMR – Comprimento da maior raiz por miniestaca

CPA – Comprimento da parte aérea

CTR – Comprimento total de raízes por miniestaca

DC – Diâmetro do colo

EPS – Enraizamento das miniestacas na área a pleno sol

$\text{mS m}^{-2}$  – Milisiemens por metro quadrado

NR – Número de raízes por miniestaca

PAR – Radiação fotossinteticamente ativa

SCS – Sobrevivência das miniestacas na saída da casa de sombra

SCV – Sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação

$\text{W s}^{-1}$  – Watts por segundo

## CAPÍTULO I

### 1 – INTRODUÇÃO GERAL

O setor de florestas plantadas vem ganhando reconhecimento no Brasil, pela sua importância e contribuição ao desenvolvimento econômico, social e ambiental. Segundo a Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (2014), em 2013 a área de floresta plantada no Brasil atingiu 7,60 milhões de hectares, sendo que os plantios de *Eucalyptus* representaram 72,0% (5.473.176 hectares) desse total. Para a Região Sul do país, o setor florestal é uma das atividades econômicas mais importantes, estando entre aqueles com as maiores áreas de florestas plantadas. O Rio Grande do Sul possui a maior área reflorestada com *Eucalyptus* dentre os estados da Região Sul, com 316.446 ha, seguido do Paraná (200.473 ha) e Santa Catarina (107.345 ha) (IBÁ, 2014).

Juntamente com o crescimento das áreas plantadas, o interesse pela silvicultura clonal também aumentou. Desde a introdução da clonagem, a eucaliptocultura brasileira vem sofrendo grandes avanços, principalmente no que tange a técnicas de produção de mudas, uso de material genético superior, controle de doenças, preparo do solo e tratamentos culturais necessários ao estabelecimento de florestas de elevada produtividade (ALFENAS et al., 2009; XAVIER; SILVA, 2010). A produtividade média das florestas de *Eucalyptus* tem apresentado uma trajetória ascendente ao longo do tempo. Na década de 70, no Brasil, o incremento médio anual era cerca de  $15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , atualmente passou para valores de até  $55 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (IBÁ, 2014).

O melhoramento genético por meio de técnicas apuradas disponibilizou vários clones selecionados para as mais diversas regiões e propósitos comerciais, possibilitando a implantação de projetos de reflorestamento em áreas até então não indicadas, dada a falta de material genético via seminal adaptado para atender tal propósito (XAVIER et al., 2009). Na região Sul, a ocorrência de geadas severas é o principal fator limitante para o desenvolvimento da maioria das espécies do gênero *Eucalyptus*. Dentre as espécies mais plantadas em áreas de ocorrência de geadas, citam-se o *Eucalyptus dunni* e *Eucalyptus benthamii* (PALUDZYSZYN FILHO et al., 2006).

Esses clones selecionados são propagados principalmente pela técnica de miniestaquia, considerada a de maior viabilidade econômica, pois permite, a um custo menor, a multiplicação de genótipos selecionados com características desejáveis, em um

curto período de tempo e com um maior potencial de enraizamento comparada a estaquia convencional (ALMEIDA et al., 2007; ASSIS; MÁFIA, 2007).

Mesmo a miniestaquia caracterizando-se por ser uma técnica que apresenta inúmeras vantagens para a produção de mudas, todo o processo de clonagem apresenta dificuldades que são superadas principalmente através de um manejo adequado da planta matriz e do ambiente de propagação para que ocorra elevado índice de enraizamento e formação de mudas de qualidade (TRUMAN et al., 2007, WENDLING et al., 2010). Porém, uma das principais limitações da clonagem de eucalipto em regiões subtropicais é o declínio da produção de propágulos e enraizamento no inverno (ASSIS et al. 2004).

Os viveiros de eucalipto em regiões tropicais e subtropicais, geralmente fornecem ambientes parcialmente protegidos apenas, como casas de vegetação ou estufas para enraizamento (ASSIS et al., 2004; SAYA et al., 2008). Porém, em outros ambientes utilizados no processo de produção de mudas clonais, como, minijardim clonal, sombrites e áreas à pleno sol, o controle climático é menor ou inexistente.

Com isso, trabalhos avaliando a influência dos fatores climáticos nas diferentes etapas da produção de mudas clonais de espécies e clones de *Eucalyptus* podem ser encontrados na literatura (SCARASSATI; GUERRINI, 2003; TORRES, 2003; MÁFIA et al., 2006; CUNHA et al., 2009; BRONDANI et al., 2010a; BRONDANI et al., 2012a; TRUEMAN et al., 2013a; TRUEMAN et al., 2013b), porém, sua influência ainda precisa ser bem elucidada.

Dessa forma, surge a necessidade de estudos que explorem mais a influência dos fatores climáticos no processo de miniestaquia, principalmente em termos de oscilações durante o ano. Ao identificar de maneira mais detalhada a forma como as variáveis climáticas estão correlacionadas com a formação das mudas clonais podem-se buscar alternativas para um maior controle climático nos ambientes durante o processo de miniestaquia e conseqüentemente colaborar com o planejamento de produção de mudas, bem como na sua qualidade e disponibilidade nas diferentes épocas do ano.

## **1.1 – OBJETIVO GERAL**

O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência das oscilações climáticas sobre a produção de mudas clonais de três híbridos de *E. benthamii* x *E.dunni* propagados por meio da miniestaquia.

### **1.1.1 – Objetivos específicos**

- Avaliar a influência das oscilações de temperatura, umidade e radiação fotossinteticamente ativa na produção de propágulos em minijardim clonal de *E. benthamii* x *E. dunni*;
- Avaliar a influência das oscilações de temperatura e umidade relativa do ar na sobrevivência das miniestacas, bem como na formação do sistema radicial em casa de vegetação;
- Avaliar a influência das oscilações de temperatura e umidade relativa do ar na sobrevivência e desenvolvimento das miniestacas em casa de sombra, bem como no estabelecimento e desenvolvimento das mudas clonais na fase de rustificação a pleno sol.

## CAPÍTULO II

### REFERENCIAL TEÓRICO

#### 1 – O GÊNERO *Eucalyptus*

O *Eucalyptus* (Família Myrtaceae) é originário da Austrália e apresenta mais de 600 espécies, variedades e híbridos naturais distribuídos por mais de 90 países. As espécies de interesse para o Brasil se distribuem na costa Leste e nas ilhas ao Norte da Austrália. Nessas áreas existem cerca de 200 espécies, das quais apenas algumas são de interesse comercial (PRYOR, 1976; BOLAND et al., 1984).

Ao longo da sua evolução natural as espécies desenvolveram mecanismos adaptativos eficientes para crescer rapidamente sob condições favoráveis e também suportar estresse hídrico, variações de temperatura, de nutrientes, entre outros, o que explica o grande número de espécies na natureza e sua ampla dispersão nas regiões de origem (PALUDZYSZYN FILHO et al., 2006).

No Brasil, como consequência dos trabalhos de melhoramento genético e uso de avançadas técnicas silviculturais, foram obtidos ganhos significativos na produtividade (FERREIRA; SANTOS, 1997). A versatilidade de uso da madeira, principal produto obtido dessa árvore, é outra particularidade que explica a prevalência de plantações de eucalipto em relação a outras espécies. As utilizações vão desde o emprego para fins energéticos, polpa celulósica até a obtenção de produtos nobres como lâminas e móveis (ROCHA; TOMASELLI, 2002; ROCHA; TRUGILHO, 2006; FOELKEL, 2007; LIMA et al., 2007).

As espécies de eucalipto economicamente importantes para as condições da região Sul do Brasil constituem um pequeno número das quais destacam-se as espécies *Eucalyptus dunnii*, *E. benthamii*, *E. saligna* e *E. grandis*, de boa aptidão para a produção de madeira para fins energéticos e/ou sólidos madeiráveis. Um segundo grupo de espécies também tem merecido atenção, formado por *E. viminalis*, *E. camaldulensis*, *E. cloeziana*, *E. badjensis*, e ainda *Corymbia citriodora* (antiga denominação do *E. citriodora*) e o híbrido entre *E. benthamii* e *E. dunnii* (PALUDZYSZYN FILHO et al., 2006).

## 1.1 – *Eucalyptus dunnii*

A espécie ocorre naturalmente em duas áreas distanciadas aproximadamente de 140 km, entre o Sudeste de Queensland (QLD) e o Noroeste de New South Wales (NSW), na Austrália. Nesse Estado, existem cerca de 82.000 indivíduos adultos distribuídos em aproximadamente 800 hectares (BENSON; HAGER, 1993).

O *E. dunnii* é a espécie com maior número de indicações favoráveis para crescimento sob clima temperado. Na Austrália, em vários testes genéticos, a espécie superou espécies tradicionalmente plantadas como *E. grandis* (JOHNSON; STANTON, 1993). No Brasil, ocupa o primeiro lugar em área de plantio em clima subtropical, com potencial de crescimento de mais de 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de madeira para múltiplos usos (PALUDZYSZYN FILHO et al. 2006).

O crescimento anual da espécie, em média, é três metros em altura e três centímetros em diâmetro do tronco variado de acordo com o sítio. A característica do fuste em povoamentos adultos e densos é a ausência de galhos até os 30 m de altura. A casca pode assumir diferentes aparências. A madeira é considerada de resistência média com densidade básica de 500 kg m<sup>-3</sup>, aproveitável para fins energéticos, estruturas leves, confecção de chapas e para celulose. A madeira é de cor clara, devendo o desdobro das toras ser feito por cortes no sentido tangencial (ROCHA; TOMASELLI, 2002).

O *E. dunnii* mostrou-se adequado para a produção de lâminas usadas na fabricação de painéis compensados (PEREYRA, 1994). Para fins energéticos, como a produção de carvão vegetal, é consenso que a produtividade é o fator mais importante na escolha da espécie a ser plantada (PEREIRA et al., 1986; TRUGILHO et al., 2001). Quanto à produção de celulose, *E. dunnii* atende às exigências do mercado consumidor (FERREIRA et al., 1997).

Estudos inerentes à propagação vegetativa de *E. dunnii* iniciaram com testes de diferentes procedências e clones através da técnica de estaquia convencional (COOPER; GRAÇA, 1987; GUIMARÃES, 1994), seguido por outros estudos relativos à técnica de miniestquia (SOUZA JUNIOR; WENDLING, 2003; ROSA et al., 2009; TRUEMANN et al., 2013a) e micropropagação (TERMIGNONI et al., 1996; BILLARD; LALLANA, 2005).

## 1.2 – *Eucalyptus benthamii*

A espécie é considerada vulnerável ao desaparecimento na região de ocorrência natural, correspondente ao curso do Rio Nepean, a oeste de Sydney, Austrália. Restam apenas quatro populações da espécie, sendo a maior delas constituída por 6.550 árvores e as outras três com menos de 340 árvores. As sementes dessas populações têm pouca viabilidade, face ao alto grau de autofecundação e endogamia (BUTCHER et al., 2005).

No Brasil a espécie foi plantada em 1988, sendo a população originada da mistura de sementes entre sete e dez árvores da região de procedência geográfica Wentworth Falls, NSW (GRAÇA et al., 1999). A população vem produzindo frutos anualmente, sendo as sementes destinadas a plantios experimentais e/ou comerciais, como os existentes em Guarapuava, PR, onde *E. benthamii* apresentou maior tolerância à geada em relação ao *E. dunnii*. A temperatura mínima absoluta que a espécie pode suportar é de até -6 °C, podendo apresentar alterações de acordo com o comportamento adaptativo (PALUDZYSZYN FILHO et al., 2006).

Pereira et al. (2000) ao avaliarem a primeira geração em Colombo, PR, verificaram que a espécie cresceu 2,3 m em altura e 2,7 cm em diâmetro ao ano, em média, aos oito anos de idade. Apresenta casca fibrosa no fuste, sendo que a densidade básica da madeira aos sete anos de idade foi 477 kg m<sup>-3</sup>. As primeiras observações indicaram que a madeira tem maior aptidão para fins energéticos.

Atualmente, não é aconselhado o seu uso para serraria, pois além das rachaduras do topo das toras e tábuas, apresenta empenamento e rachaduras internas durante a secagem, com índices elevados de contração volumétrica e de coeficiente de anisotropia, mesmo em condições amenas de secagem em temperatura ambiente e a sombra (HIGA; PEREIRA, 2003).

Os estudos referentes a produção de mudas clonais com a espécie são mais recentes comparados aos desenvolvidos com o *E. dunnii*, todos relacionados a técnica de miniestaquia e os fatores que a envolvem como, o manejo de minicepas (CUNHA et al., 2005), nutrição mineral (BRONDANI et al., 2012c), tipo de miniestaca (BENIN et al., 2013), concentração de fitorregulador vegetal (ROBINSON, 2014; BRONDANI et al., 2014), diferentes genótipos e coletas (BRONDANI et al., 2014).

### **1.3 – HÍBRIDO *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii***

A constatação de ocorrência de híbridos espontâneos entre essas duas espécies por ocasião da formação de mudas comerciais no viveiro da Embrapa em Colombo, Paraná, associado ao fato de ter sido possível a fácil distinção visual do híbrido em relação à espécie na qual as sementes foram colhidas (*E. benthamii*), possibilitou a implantação de uma área experimental no Município de Guarapuava, PR. À idade de um ano, as plantas híbridas evidenciaram superioridade em relação às espécies paternas quanto ao crescimento e tolerância a geadas. Essas primeiras observações chamaram a atenção para a necessidade de avaliações complementares, tendo em vista o potencial do material visando à futura obtenção de clones comerciais (PALUDZYSZYN FILHO et al., 2006).

Estudos visando o desenvolvimento de protocolos para o conhecimento e aprimoramento da técnica de produção de mudas clonais através da miniestaquia e micropropagação vêm sendo realizados nos últimos anos para esse híbrido: Concentração de AIB em gel (BRONDANI et al., 2008) e AIB em forma líquida (BRONDANI et al., 2010b), Micropropagação (BRONDANI et al., 2009b; 2011), Miniestaquia em diferentes épocas do ano (BRONDANI et al., 2010a; 2012a), Tempo ideal de enraizamento de miniestacas (BRONDANI et al., 2012b), Diferentes substratos para a miniestaquia (KRATZ et al., 2012), organogênese e multiplicação *in vitro* (OLIVEIRA-CAUDURO et al., 2014).

## **2 – MINIESTAQUIA**

A técnica de clonagem que originou o conceito de florestas clonais foi desenvolvida a partir da estaquia (ASSIS, 1997). Sua implementação em escala comercial no Brasil, se deu em meados da década de 70 para o eucalipto (IKEMORI, 1975), passando por inúmeras transformações desde então. Essas transformações podem ser consideradas como grandes avanços, especialmente quanto ao método de produção e colheita de brotos para estaquia, tipo de substrato, recipiente e modelos de casa de enraizamento e de aclimação (ALFENAS et al., 2009).

Devido às dificuldades encontradas na propagação vegetativa de algumas espécies e clones, principalmente no que envolve a utilização de material adulto e, considerando a variação entre genótipos, a técnica de micropropagação surgiu com grande potencialidade na década de 80. Entretanto, o uso da micropropagação na produção comercial de mudas

de eucalipto não se justificou técnica e economicamente, sendo mais recomendada com vistas ao rejuvenescimento de material adulto, visando a microestaquia (WENDLING, 2010).

Com isso, no final da década de 90, a miniestaquia tornou-se uma técnica atraente para a clonagem do eucalipto, uma vez que não necessita de estruturas de laboratórios de cultura de tecidos, reduzindo, portanto, o custo na produção das mudas (XAVIER; WENDLING, 1998).

A miniestaquia pode ser considerada uma variação da estaquia convencional. Basicamente, consiste na utilização de brotações de plantas propagadas pelo processo de macroestaquia, ou mudas produzidas por sementes (WENDLING et al., 2002; ALFENAS et al., 2009; XAVIER et al., 2009).

Numa sequência esquemática dessa técnica, faz-se a poda do ápice do caule da muda enraizada via seminal ou clonal, e em intervalos variáveis em função da época do ano, do clone/espécie, das condições nutricionais e climáticas, entre outros, há emissão de novas brotações, que são coletadas e colocadas para enraizar. Dessa forma, a parte basal da brotação da muda podada constitui uma minicepa (com 6 a 10 cm de altura), que fornecerá os propágulos (miniesticas) para a formação das futuras mudas clonais (WENDLING et al., 2002).

Ainda que as miniesticas sejam mais sensíveis aos agentes bióticos ou abióticos, a miniestaquia apresentou vários avanços para a propagação vegetativa, como a redução das dimensões do jardim clonal, transformando-se em minijardim clonal. O minijardim pode ser implantado em sistema de recipientes, que variam desde vasos de polipropileno de diferentes volumes, caixas de fibra de vidro com variadas formas e dimensões, ou em sistemas de “canaletões” de fibro-cimento, comumente utilizado pelas grandes empresas florestais (HIGASHI et al., 2002).

Esse fato proporcionou maior controle ambiental, fitopatológico, hídrico e nutricional das minicepas, resultando em aumento da produtividade por unidade de área, aumento da taxa de enraizamento, maior uniformidade das miniesticas, menor variação sazonal, facilidade de colheita, menor custo de transporte e processamento de brotações e, a redução ou, em alguns casos, até ausência da aplicação de fitoreguladores (ASSIS, 1997; HIGASHI et al., 2000; ALFENAS et al., 2009).

### 3 - FATORES CLIMÁTICOS QUE AFETAM O ENRAIZAMENTO

#### 3.1 – LUZ

A radiação solar é considerada como a principal fonte de energia para todos os processos terrestres, desde a fotossíntese, responsável pela produção vegetal, até o desenvolvimento de furacões, tempestades entre outros (PEREIRA et al., 2002). É o principal fator que limita o rendimento das espécies tanto no campo, como em ambientes protegidos, especialmente nos meses de inverno e em altas latitudes, devido a escassa disponibilidade de energia radiante (MARTINS et al., 1999).

Do total de radiação solar que incide na superfície atmosférica, apenas pouco mais da metade chega à superfície do solo (radiação solar global), por causa das perdas sofridas através da atmosfera. Na superfície das plantas, a radiação global sofre mais perdas, sendo que somente 50 % têm capacidade fotossintética. Uma fração é utilizada para o processo de evapotranspiração, outra aquecerá o ar e o perfil do solo, outra é refletida novamente para a atmosfera (20 % da global) e, a restante, é absorvida pelos pigmentos fotossintéticos e xantofilas (10 %). Após todas essas perdas, o saldo final deste fluxo de energia é o que a planta utilizará para formar os compostos orgânicos (assimilação de CO<sub>2</sub> em carboidratos) da biomassa (MARTINS et al., 1999).

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA ou PAR) corresponde à radiação solar com comprimentos de onda entre 400 e 700 nm. Como o que importa na fotossíntese é a quantidade de fótons absorvidos nessa banda de radiação solar, é preferível usar a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos, expressa pelo número de moles de fótons por unidade de área e de tempo ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (PEREIRA et al., 2002).

A relação entre densidade de fluxo de fótons fotossintéticos e densidade de fluxo de energia solar é relativamente constante. Sendo que 1 W de radiação solar global corresponde 2,02  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de PAR. A razão de energia de PAR à radiação solar global é de cerca de 0,48 ( VALRLET-GRANCHER et al., 1993).

A eficiência líquida da conversão da radiação solar global e da PAR depende de limitações ambientais (elementos do clima e solo) e, dos fatores intrínsecos da planta (características morfológicas e fisiológicas, que influenciam na utilização da luz, arquitetura da planta, capacidade de persistência, transporte e armazenamento de fotoassimilados, entre outras). No caso de estufas plásticas, há que se considerar a redução de entrada de radiação solar (aproximadamente 20 %), devido ao material plástico, que

depende, por sua vez, de fatores, tais como, componentes químicos do filme plástico, espessura, grau de envelhecimento, entre outros (MARTINS et al., 1999). Segundo Alfenas et al. (2009), é comum em minijardins de cobertura fixa, o empoeiramento do teto, reduzindo a passagem de luz para fotossíntese.

As plantas adaptam-se à intensidade da luz, regulando a morfologia de suas folhas e flores, sua composição e estrutura e seu estado fisiológico (principalmente relacionado à sua capacidade fotossintetizante), que como uma das consequências principais gera a alteração de suas vias metabólicas primárias e secundárias, originando, dessa forma, as mais diferentes respostas no que diz respeito aos seus processos anabólicos e catabólicos, na tentativa de permitir por meio dessas regulações o alcance de seu estado funcional máximo (GATES, 1980).

O efeito da radiação sobre o crescimento dos vegetais pode ser manifestado de várias formas, seja através da sua intensidade, qualidade ou duração. No enraizamento de estacas com folhas, os produtos fotossintéticos são importantes para a indução e crescimento das raízes. A intensidade e a duração da luz devem ser suficientes para um maior acúmulo de carboidratos do que os gastos na respiração (HARTMANN et al., 2011). Segundo os mesmos autores, condições de elevada luminosidade tendem a promover nos propágulos maior síntese de citocininas, substâncias estas que estariam mais relacionadas ao crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicial.

As necessidades de irradiância, fotoperíodo e qualidade da luz são variáveis de acordo com a espécie, sendo assim, é essencial esse conhecimento para a manutenção de uma taxa fotossintética que garanta suprimento suficiente de carboidratos para sobrevivência dos propágulos e iniciação radicial sem comprometer o vigor (XAVIER, 2002).

Pela variação das condições ambientais de cada local, não se conhece os efeitos de diferentes intensidades luminosas sobre o enraizamento de propágulos (BORGES, 1978). Assis et al. (1990) ao estudarem o efeito da redução da luz em jardins clonais de *E. urophylla* x *E. grandis*, sobre o enraizamento de estacas, observaram um aumento no enraizamento das estacas retiradas destas plantas matrizes, submetidas à redução de luminosidade.

Para a miniestaquia, Assis et al. (2001) verificaram que a suplementação luminosa (fotoperíodo de 14h/1.000 lux) favoreceu maior predisposição ao enraizamento de *Eucalyptus*, eliminando o efeito sazonal verificado no enraizamento de miniestacas, que é frequentemente observado em regiões subtropicais como no sul do Brasil. Os autores

destacaram que a concentração de nutrientes é de primordial importância para o processo de enraizamento, e que sua assimilação depende da atividade metabólica, considerando que a suplementação luminosa contribui para o restabelecimento da competência normal de enraizamento.

Torres (2003) concluiu que o verão comparado ao inverno, com maiores temperaturas e radiação líquida propiciaram maiores ganhos de açúcares, sobrevivência e produção de miniestacas em minicepas de dois clones de *E. saligna* e *E. grandis*. O autor destacou que dentre as variáveis climáticas, a luz teve a maior variação entre inverno e verão, sendo dessa forma a variável de maior influência.

Scarassati e Guerrini (2003), avaliando a produção de microestacas por microcepas, mantidas em casa-de-vegetação, através de sistemas hidropônicos para *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* constataram que a radiação global adequada para maximizar a produção variou de 336,7 W/m<sup>2</sup> a 416,9 W/m<sup>2</sup> dentro da casa-de-vegetação, enquanto que a PAR (V/Wm<sup>2</sup>) variou de 357,7 V/Wm<sup>2</sup> a 1446,2 V/Wm<sup>2</sup>, com maiores valores de produção de microestacas a 722 V/Wm<sup>2</sup>.

Brondani et al. (2010a; 2012a) observaram que nas estações quentes do ano com maior intensidade luminosa e fotoperíodo houve maior produção de miniestacas em minijardim clonal de clones híbridos de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii*, porém, o enraizamento foi maior nas estações mais frias com menor intensidade luminosa e menor fotoperíodo.

Cunha et al. (2009), estudando a influência das condições climáticas na produtividade das minicepas e no enraizamento de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e híbridos, verificaram que o aumento da intensidade luminosa teve influência positiva tanto no enraizamento quanto no número de miniestacas.

Além da influência no enraizamento de miniestacas, baixa luminosidade e luz difusa favorecem a ocorrência de doenças causadas por fungos apodrecedores de propágulos, como *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia* spp. e *Cylindrocladium* spp. (ALFENAS et al., 2009).

### 3.2 – TEMPERATURA

A temperatura tem importante função regulatória no metabolismo das plantas e afeta o enraizamento das estacas. Assim, a temperatura, tanto do ambiente quanto do substrato que suporta a estaca, é um fator importante na propagação vegetativa das plantas, pois condiciona e regula a produção de raízes adventícias (CHALFUN, 1989). Deve propiciar condições para que haja indução, desenvolvimento e crescimento das raízes, como também a manutenção e sobrevivência das folhas, gemas e ramos, sendo as oscilações altamente prejudiciais (BERTOLOTTI; GONÇALVES, 1980).

Embora sejam variáveis as exigências das diferentes espécies, as temperaturas do leito de enraizamento variando de 21 a 27 °C durante o dia, e ao redor de 15 °C durante a noite são satisfatórias para a maioria das espécies florestais (HARTMANN et al., 2011). É recomendável que a temperatura na base do propágulo seja superior à temperatura ambiente, em torno de 4 a 5 °C, em vista de propiciar maior atividade fisiológica (ALFENAS et al., 2009).

As temperaturas do ar excessivamente altas devem ser evitadas, pois podem promover a brotação da parte aérea antes do enraizamento, levando a um consumo excessivo de reservas, devido à elevação da transpiração e, conseqüentemente, perda de água pelas folhas. Por outro lado, as baixas temperaturas reduzem o metabolismo dos propágulos, levando a um maior tempo para o enraizamento, ou, até mesmo, não proporcionam condições adequadas para indução, desenvolvimento e crescimento radicial (XAVIER et al., 2009).

Para Assis (1997), a temperatura pode interferir na absorção de nutrientes e no metabolismo das miniestacas, e seu controle, especialmente em climas subtropicais, deve ser ajustado para melhor produção de brotos. O mesmo autor observou que a porcentagem de enraizamento de miniestacas diminuiu no inverno e destacou que, em geral, nas zonas de clima frio a formação de raízes é limitada a apenas meses mais quentes, por conseguinte, se a luz e temperatura forem controladas, a utilização do espaço da estufa pode ser otimizada por meio da extensão do período de enraizamento durante todo o ano.

Cooper e Graça (1987), estudando a capacidade de enraizamento de estacas de *Eucalyptus dunnii* oriundas de rebrota, em duas épocas do ano (final do outono e início do verão) na região de Curitiba, verificaram maior porcentagem de enraizamento em propágulos coletados no verão, época com maiores temperaturas, com média de 30% de enraizamento.

Guimarães (1994) destacou a influência da época em que foram coletados os propágulos de *Eucalyptus dunnii* para enraizamento, indicando que para as condições ambientais verificadas no local do estudo (planalto norte Catarinense), o corte do jardim clonal deve ser efetuado após estabilização das condições climáticas, especialmente temperatura que favorecem os processos fisiológicos responsáveis pela melhor habilidade de enraizamento, condição verificada no mês de outubro.

Cunha (2006) verificou que a temperatura influenciou o enraizamento de miniestacas em clones de *E. grandis* e *E. urophylla*, sendo dependente do clone e do tipo de minijardim clonal. Para o minijardim clonal conduzido em leito de areia, a redução da temperatura favoreceu o enraizamento. No entanto, em condições de minijardim clonal em sistema de tubetes, o enraizamento foi favorecido pelo aumento da temperatura. Em relação a produção de miniestacas, o aumento da temperatura foi favorável, independente do minijardim.

Brondani et al. (2010a) constataram na miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*, que as elevadas temperaturas nas estações do ano mais quentes ocasionaram os piores índices de enraizamento, podendo ter induzido estresse aos propágulos, ocasionando a mortalidade em razão da presença de um incipiente sistema radicial. Este fato também foi constatado por Rosa et al. (2009) em miniestacas de *E. dunnii*, as quais tiveram menor sobrevivência em decorrência das variações das temperaturas elevadas nos meses mais quentes do ano.

Para *C. citriodora* e *E. dunnii* as baixas temperaturas também reduziram a produção de miniestacas, tendo como temperaturas ideais para a produção de miniestacas as temperaturas de 28 e 33 °C. Os autores ressaltaram também que as miniestacas de ambas as espécies apresentaram baixo enraizamento no inverno mesmo sob condições da estufa e apesar da utilização de aquecimento da raiz de leito durante as primeiras 4 semanas (TRUEMAN et al., 2013a).

Trueman et al. (2013b) avaliaram a influência de diferentes temperaturas dia/noite (28/23, 18/13, 23/18 e 33/28 °C), no minijardim clonal de *Eucalyptus cloeziana*, espécie subtropical, assim como a do presente estudo. Os autores verificaram que as baixas temperaturas reduziram a produção de miniestacas, porém sem afetar o enraizamento. No entanto, o aumento da temperatura, aumentou significativamente o número de miniestacas produzidas por minicepa e a porcentagem de miniestacas enraizadas.

A temperatura também pode ser correlacionada com a previsão de doenças durante o processo de produção clonal. Mafia et al. (2006), verificaram em 14 clones de

*Eucalyptus* uma elevada correlação entre temperaturas máximas (menor que 27 °C) e a incidência do fungo *Botrytis cinerea*. Concluindo que o fungo está associado a temperaturas amenas nos ambientes de enraizamento durante o processo de miniestaquia.

### **3.3 – UMIDADE RELATIVA DO AR**

A umidade relativa do ar constitui um dos fatores primordiais e de relevante importância para a propagação vegetativa, sendo mais crítica para propágulos com folhas (ZUFFELLATO-RIBAS; RODRIGUES, 2001a).

O processo de enraizamento é modulado e, pode ser dividido em: predisposição, indução, emissão e crescimento de raízes, com a necessidade de água diferente e decrescente em cada fase. Entretanto, é comum fornecer o mesmo tipo de manejo de irrigação, por meio de nebulização, em todas as fases, principalmente porque todas podem ocorrer em um mesmo ambiente de casa de vegetação. Se nas fases de indução e emissão de raízes a falta de umidade causa perda de estacas, o excesso de água na fase de crescimento de raízes pode provocar a morte de mudas enraizadas, aumentar a incidência de doenças e, conseqüentemente, reduzir o aproveitamento final de mudas (ALFENAS et al., 2009).

O sucesso no enraizamento depende, em parte, da capacidade do sistema de propagação em proporcionar condições de turgidez ao propágulo até que este forme suas próprias raízes e absorva água. Desse modo, a umidade do ar ao redor da estaca tem um grande efeito no seu “status” hídrico, visto que as estacas não possuem meios para absorver água e nutrientes. No entanto, o excesso também é prejudicial, por dificultar as trocas gasosas, propiciar o desenvolvimento de doenças, impedir o enraizamento e provocar a morte dos tecidos (XAVIER et al., 2009).

A presença de folhas nas estacas é um forte estímulo para a formação de raízes, contudo, a perda de água pela evapotranspiração pode levar à sua morte antes da formação de raízes (HARTMANN et al., 2011). Para contornar o problema da transpiração excessiva, deve-se manter a umidade do ar acima de 80 %, conservando-se, assim, a turgescência dos tecidos, entretanto, deve-se evitar a saturação do ar (XAVIER et al., 2009).

A estaquia, sob condições de nebulização, é prática recomendável para espécies vegetais com dificuldades no enraizamento, resultando em sucesso para muitas delas, permitindo com isso, que as estacas enraízem sem que ocorra desidratação

(ZUFFELLATO-RIBAS; RODRIGUES, 2001a). A nebulização mantém a umidade em volta das folhas, reduzindo a pressão de vapor das mesmas, bem como a temperatura e a taxa de transpiração, mantendo desta forma, as folhas funcionais por longo espaço de tempo, o que pode ser decisivo para o enraizamento de muitas espécies (HARTMANN et al., 2011).

Scarassati e Guerrini (2003), avaliando a produção de microestacas por microcepas, mantidas em casa-de-vegetação, por meio de sistemas hidropônicos em *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* constataram maiores produções de microestacas com umidade relativa na casa-de-vegetação em torno de 92 % para valores máximos, de 79 % a 81 % para valores médios e de 32 % a 51 % para valores mínimos.

Cunha et al. (2009), constataram que a diminuição da umidade relativa do ar, nos locais onde os minijardins clonais estavam estabelecidos, favoreceram tanto a produção de brotações como o enraizamento de miniestacas de *E. grandis* e *E. urophylla* e seus híbridos.

## CAPÍTULO III

### INFLUÊNCIA DAS OSCILAÇÕES CLIMÁTICAS NA PRODUÇÃO DE BROTAÇÕES EM MINIJARDIM CLONAL DE *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii*

#### RESUMO

Considerando a necessidade de se conhecer detalhadamente os fatores influentes na produção de mudas clonais visando o manejo e otimização do ambiente, o presente estudo objetivou avaliar a influência da temperatura, umidade relativa do ar e PAR (radiação fotossinteticamente ativa) e suas oscilações no minijardim clonal de três clones híbridos de *E. benthamii* x *E. dunnii*, quanto a sobrevivência, vigor e capacidade produtiva das minicepas. Para tanto, foi formado um minijardim clonal em sistema semi-hidropônico, com cinco repetições de cinco minicepas por clone, submetidas a 41 coletas sucessivas de propágulos no decorrer de um ano. Foi ajustado um modelo de regressão linear múltipla para a produção de miniestacas em função das variáveis climáticas máximas, médias e mínimas considerando um período de 0 até 16 semanas anteriores à realização da coleta. As minicepas dos 3 clones apresentaram 100% de sobrevivência ao longo do ano. O clone 1 destacou-se com as maiores produções (8.000 miniestacas  $m^{-2} \text{mês}^{-1}$ ) e o clone 3 com os menores valores para essa variável (menos de 5.000 miniestacas  $m^{-2} \text{mês}^{-1}$ ). O modelo de regressão linear múltipla ajustado foi formado pela PAR máxima, umidade máxima e amplitude térmica de diferentes semanas antecedentes a coleta. A PAR máxima (1440 a 1600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) foi a variável de maior influência no modelo ajustado apresentando correlação positiva com a produtividade de miniestacas. A partir dos valores climáticos ideais encontrados pelo modelo de regressão sugere-se que oscilações climáticas não são benéficas para um bom desenvolvimento das minicepas.

**Palavras-Chaves:** clonagem, *Eucalyptus* subtropical, radiação fotossinteticamente ativa, miniestaquia

#### CLIMATIC OSCILATIONS INFLUENCE IN SPROUTS PRODUCTION IN MINI-CLONAL HEDGE OF *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii*

#### ABSTRACT

Considering the importance for detailed knowledge of the influential factors in the production of minicuttings focusing management and environmental optimization, this study aimed to evaluate the influence of temperature, relative humidity and PAR (photosynthetically active radiation) and its oscillations in mini-clonal hedge of three *E. benthamii* x *E. dunnii* hybrid clones regarding the survival, vigor and productive capacity of ministumps. A mini-clonal hedge with a semi-hydroponic system was formed, with five replicates of five ministumps per clone, submitted to 41 successive collections of minicuttings during one year. A multiple linear regression model for minicuttings production was adjusted, according to maximum, average and minimum climatic variables, considering a period from 0 until 16 weeks before collection. Ministumps from 3 clones showed 100% survival throughout the year. Clone one showed higher productions (8000 minicuttings  $m^{-2} \text{month}^{-1}$ ) and clone showed the lowest values for this variable (less than 5,000 minicuttings  $m^{-2} \text{month}^{-1}$ ). The adjusted multiple linear regression model was formed by the maximum PAR, maximum humidity and temperature range of different weeks before collection. Maximum PAR (1440-1600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) was the most influential variable in the adjusted model and positively related with minicuttings productivity. Based on ideal climatic values found by the regression model, it is possible to suggest that climatic oscillations are not beneficial for ministumps development.

**Keywords:** cloning, subtropical *Eucalyptus*, photosynthetically active radiation, minicutting.

## 1 – INTRODUÇÃO

Para o sucesso da produção de mudas clonais é importante conhecer os fatores que afetam a produção de brotações, a formação de raízes e suas implicações. Segundo Assis et al. (2004) em regiões subtropicais, uma das principais limitações na propagação de *Eucalyptus* refere-se ao declínio na produção e enraizamento de propágulos no inverno. Trabalhos avaliando a influência dos fatores climáticos nas diferentes etapas de produção de mudas clonais de espécies e clones de *Eucalyptus* podem ser encontrados na literatura (SCARASSATI; GUERRINI, 2003; TORRES, 2003; MÁFIA et al., 2006; CUNHA et al., 2009; BRONDANI et al., 2010a; BRONDANI et al., 2012a; TRUEMAN et al., 2013a; TRUEMAN et al., 2013b), porém, sua influência ainda não está totalmente elucidada.

Em alguns locais da região Sul do país, por exemplo, onde estão localizados os viveiros e os plantios com espécies subtropicais como *E. benthamii* e *E. dunnii*, as variáveis climáticas, principalmente luz e temperatura, oscilam demasiadamente ao longo do mesmo dia, entre dias e entre semanas podendo interferir no processo de propagação (HARTMANN et al., 2011). Assim ao utilizar a média do período ou média das estações do ano para a correlação dos fatores ambientais com os de produção, a verdadeira influência pode ser ocultada.

Surge assim, há necessidade de estudos que explorem mais a influência dos fatores climáticos no processo de miniestaquia, principalmente em termos de oscilações. A partir do exposto, objetivou-se avaliar a influência das oscilações de variáveis climáticas (temperatura, umidade e luz) na produção de brotações em minijardim clonal de híbridos de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii*.

## 2 – MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado entre julho de 2007 e junho de 2008 no Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas, localizado em Colombo - PR (25°20' S e 49°14' W, 950 m). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é temperado, do tipo Cfb, ou seja, temperatura do mês mais frio entre -3 °C a 18 °C, sempre úmido, chuva em todos os meses do ano e temperatura do mês mais quente inferior a 22 °C, mas no mínimo 4 meses com temperatura maior que 10 °C.

Para a formação do minijardim clonal, foram utilizadas mudas clonais, provenientes do processo de miniestaquia de três híbridos naturais de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii*,

identificados como Clone 1, 2 e 3 (Figura 3.1a). Essas mudas com aproximadamente 120 dias e 15 cm de altura foram transferidas para sistema semi-hidropônico de canaletão em leito de areia e, plantadas no espaçamento 10 x 15 cm. Dezoito dias após o plantio dessas no canaletão se procedeu a poda da brotação apical a  $\pm 7$  cm do caule, mantendo-se um par de folhas, induzindo o desenvolvimento de brotações laterais e posterior formação das minicepas, conforme metodologia descrita por Brondani et al. (2009a) (Figura 3.1b).

O minijardim clonal foi mantido em condições de estufa não climatizada e coberta com polietileno transparente de 150 micras, onde as minicepas foram submetidas a sucessivas coletas de brotações durante o período experimental de um ano. Em função da época do ano, o intervalo entre cada coleta variou de 7 a 15 dias (Apêndice A), procurando-se manter a padronização estabelecida quanto à seleção das brotações, na qual brotações menores que 5 cm e com menos de 3 pares de folhas foram mantidas na minicepa para as coletas subsequentes.

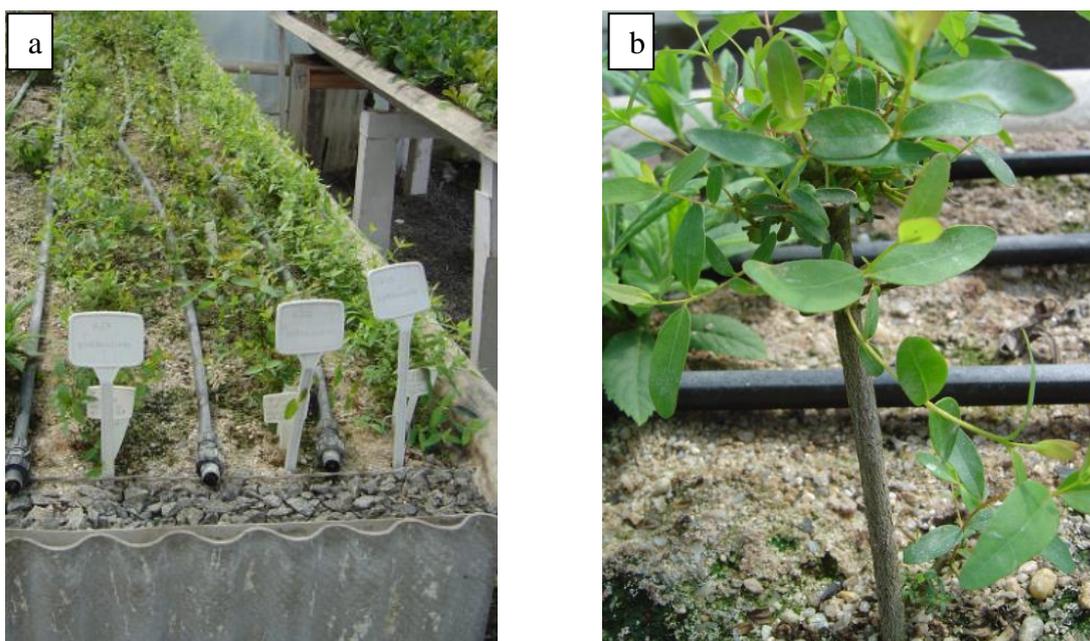


Figura 3.1 – (a) Minijardim clonal e; (b) Minicepa formada de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*.

As minicepas receberam solução nutritiva por gotejamento, fornecida três vezes ao dia a uma vazão total diária de  $5 \text{ L m}^{-2}$ . A solução nutritiva foi composta por monoamônio fosfato ( $0,04 \text{ g L}^{-1}$ ), sulfato de magnésio ( $0,40 \text{ g L}^{-1}$ ), nitrato de potássio ( $0,44 \text{ g L}^{-1}$ ), sulfato de amônio ( $0,31 \text{ g L}^{-1}$ ), cloreto de cálcio ( $0,79 \text{ g L}^{-1}$ ), ácido bórico ( $2,88 \text{ mg L}^{-1}$ ), sulfato de manganês ( $3,70 \text{ mg L}^{-1}$ ), molibdato de sódio ( $0,18 \text{ mg L}^{-1}$ ), sulfato de zinco

(0,74 mg L<sup>-1</sup>) e hidroferro em pó (81,80 mg L<sup>-1</sup>) (BRONDANI et al., 2009a). Durante a renovação da solução nutritiva, realizada a cada três semanas, a condutividade elétrica foi mantida em 1,6 mS m<sup>-2</sup> a 25 °C e o pH ajustado a 5,5 (± 0,1), corrigido com ácido clorídrico comercial (ácido muriático) e hidróxido de sódio (NaOH), ambos a 1 Molar.

Foi avaliada a sobrevivência das minicepas e a produção de miniestacas durante o período experimental, por meio de 41 coletas sucessivas de brotações. A produção de miniestacas foi avaliada por minicepa por coleta (PMC) e transformada para produção de miniestacas por metro quadrado ao mês (PMM) através da seguinte equação:

$$PMM = ((PMC/0,015)*(30/IC))$$

Onde: PMC: Produção de miniestacas por minicepa por coleta; PMM: Produção de miniestacas por metro quadrado ao mês; 0,015 m<sup>2</sup>: área ocupada por uma minicepa; 30: dias do mês; IC: Intervalo entre coletas.

As datas das 41 coletas foram transformadas para semanas do ano em que essas foram realizadas. Dessa forma, o experimento teve início na 26<sup>a</sup> semana do ano de 2007 (mês de julho) e encerrou na 25<sup>a</sup> semana do ano de 2008 (mês de junho).

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar do minijardim clonal foram monitorados diariamente ao longo do experimento a cada 1 hora por meio de um termostato e umidostato (Sistema FieldChart NOVUS 1.70<sup>®</sup>), respectivamente. Os dados de PAR (Radiação fotossinteticamente ativa) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) foram obtidos a partir da radiação solar ( $\text{W s}^{-1}$ ) oriunda da estação meteorológica do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná) mais próxima da área do experimento. A conversão da radiação solar para PAR foi feita segundo VALRLET-GRANCHER et al. (1993) e PEREIRA et al. (2002), em que 1 W de radiação solar global corresponde a 2,02  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de PAR.

Considerou-se uma redução de 20% de entrada de radiação solar no ambiente devido ao plástico utilizado na cobertura da estufa de acordo com MARTINS et al. (1999). Essa redução também foi confirmada através da utilização de um medidor de radiação solar (Luxímetro analógico Extech LT300) para verificação da porcentagem de redução luminosa de dentro da estufa em cinco pontos diferentes e três períodos de leitura (8 horas, 13 horas, 17 horas) e fora da estufa em área aberta sem interferência de sombreamento.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (3x41), sendo os fatores constituídos por 3 clones e 41 coletas sucessivas de brotações ao longo de um ano. Foram utilizadas cinco repetições e cinco minicepas por repetição, totalizando 25 minicepas por clone. Os dados foram submetidos ao teste de

normalidade Shapiro-Wilk ( $p < 0,05$ ). Em seguida, procedeu-se a análise de variância (ANOVA) ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) entre as características amostradas.

Para a construção do modelo de regressão linear múltipla foram considerados os dados climáticos de 0 (semana da coleta) a 16 semanas anteriores a realização da coleta no minijardim clonal. Esses foram caracterizados semanalmente pelos seus valores máximos, médios e mínimos, tendo para a variável temperatura a inserção da amplitude térmica como uma nova variável. A partir disso, foram incluídas no modelo variáveis que explicaram mais do que 5 % da variação total e que foram significativas ao nível de 5 % de probabilidade. Para tanto foi utilizado o software R version 3.1.1.

### 3 – RESULTADOS

Verificou-se efeito significativo entre os clones, coletas e sua interação para a produção de miniestacas por metro quadrado ao mês (PMM) ( $p < 0,0001$ ) (Tabela 3.1). As minicepas dos três clones avaliados apresentaram 100 % de sobrevivência após as 41 coletas realizadas ao longo de um ano.

Tabela 3.1 – Resumo da análise de variância para a produção de miniestacas por metro quadrado ao mês (PMM) de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* em minijardim clonal.

Causas da variação	GL	PMM Quadrados médios
Coleta	40	647039***
Clone	2	2752869***
Coleta x Clone	80	72407***
Resíduo	492	13424***
Média	-	459,67
CV <sub>EXP</sub>	-	58,09

Em que: \*\*\* = significativo a 0,1% de probabilidade de erro, pelo teste F; GL = graus de liberdade, CV<sub>exp.</sub> = coeficiente de variação experimental.

A partir da densidade de probabilidade, verificou-se que os valores mais comumente observados para o clone 1 foram superiores aos dos demais, atingindo as maiores produções (aproximadamente 8.000 miniestacas m<sup>-2</sup> mês<sup>-1</sup>). O clone 3 mostrou desempenho inferior dentre os três clones avaliados, ficando sua produção abaixo de 5.000 miniestacas m<sup>-2</sup> mês<sup>-1</sup> na maioria das coletas. O clone 2, teve um comportamento intermediário (Figura 3.2 e Figura 3.3a).

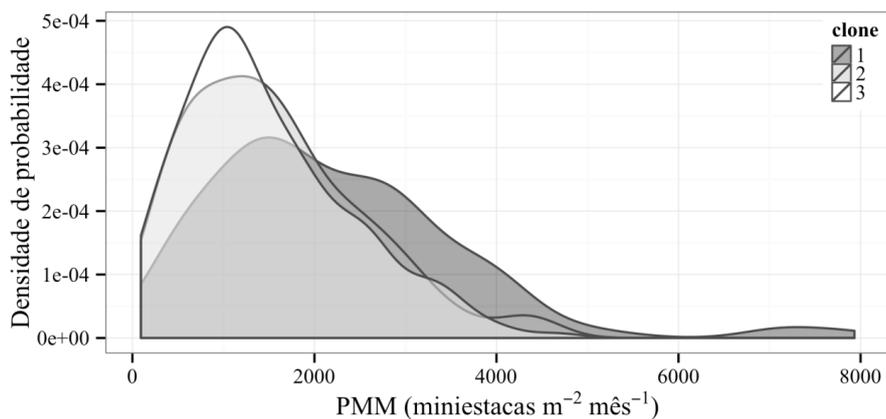


Figura 3.2 – Densidade de probabilidade em relação à produção de miniestacas por metro quadrado ao mês de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* em minijardim clonal.

De maneira global, as minicepas dos três clones apresentaram um comportamento semelhante, com baixas produções nas coletas iniciais, aumentando suas produções até um máximo, seguido de queda. Pode-se observar também, que a máxima produção para os três clones foi atingida na primeira semana de 2008 (Figura 3.3a). Os valores climáticos semanais obtidos no minijardim clonal durante o período experimental estão representados nas Figuras 3.3b, 3.3c, 3.3d.

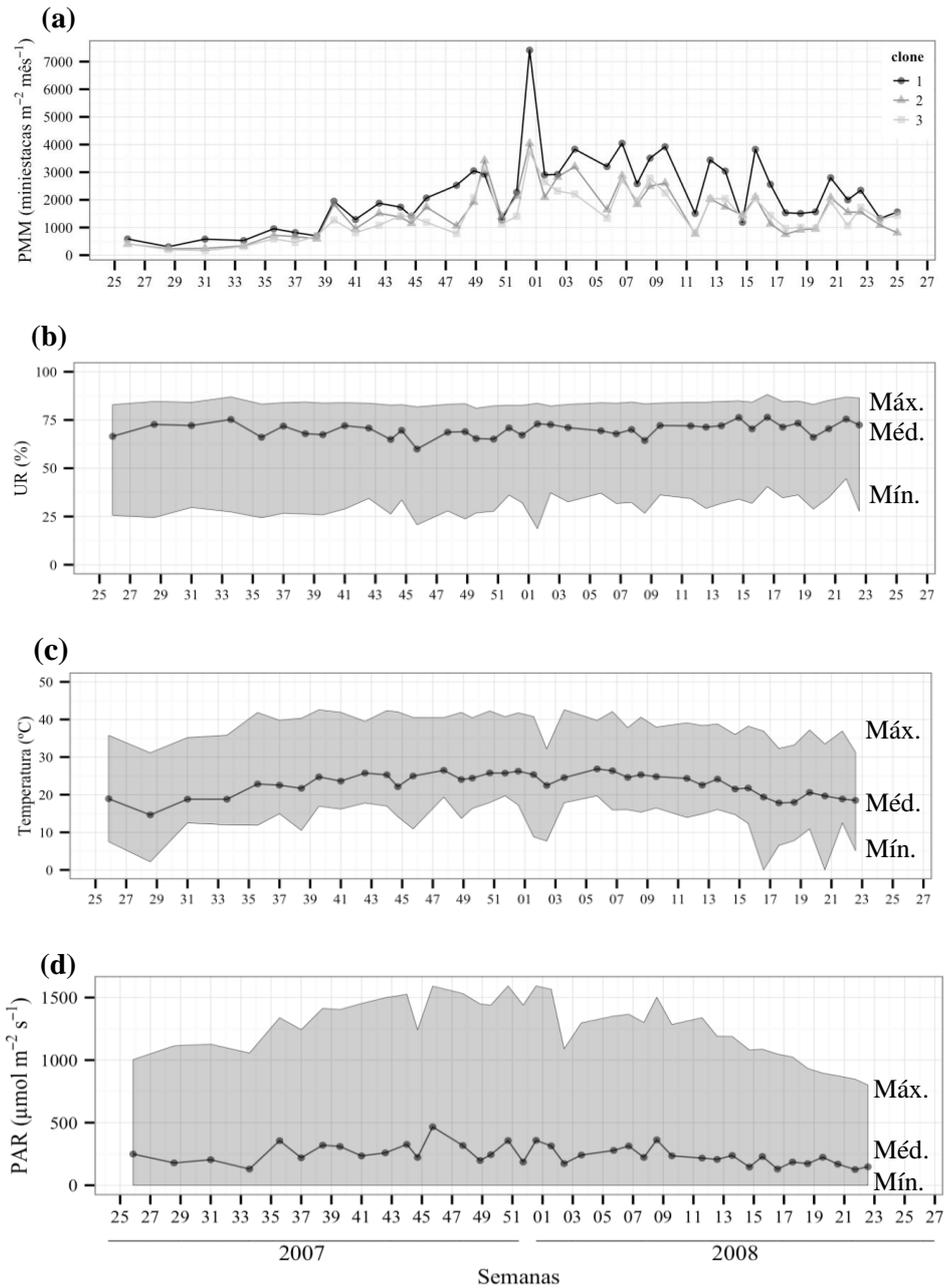


Figura 3.3 – (a) Produção de miniestacas por metro quadrado ao mês de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*; (b) Umidade relativa do ar (UR); (c) Temperatura do ar e (d) Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) máxima, média e mínima em função das diferentes semanas no minijardim clonal.

A partir da inserção das variáveis climáticas semanais anteriores a realização da coleta no minijardim clonal que explicaram mais de 5 % da variação total na produção de propágulos e que foram significativos ao nível de 5 % de probabilidade ajustou-se o modelo de regressão linear descritivo a seguir com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 69,2 % (Figura 3.4):

$$\text{PMM}^2 = 37.220,0665 + 0,9649 \text{ PAR}_{\text{máx}8} - 131,1838 \Delta t_{13} - 250,7426 U_{\text{máx}2} - 365,8483 U_{\text{máx}10} + 208,0783 U_{\text{máx}15}$$

Em que:  $\text{PAR}_{\text{máx}8}$  = média da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) máxima na 8ª semana antes da coleta;  $\Delta t_{13}$  = média da amplitude térmica na 13ª semana antes da coleta;  $U_{\text{máx}2}$  = média da umidade relativa do ar máxima na 2ª semana antes da coleta;  $U_{\text{máx}10}$  = média da umidade relativa do ar máxima na 10ª semana antes da coleta;  $U_{\text{máx}15}$  = média da umidade relativa do ar máxima na 15ª semana antes da coleta.

Na Figura 3.4 pode ser observado que o ajuste do modelo foi adequado, mesmo para os valores extremos observados (<1000 e >5000 miniestacas  $\text{m}^{-2} \text{mês}^{-1}$ ).

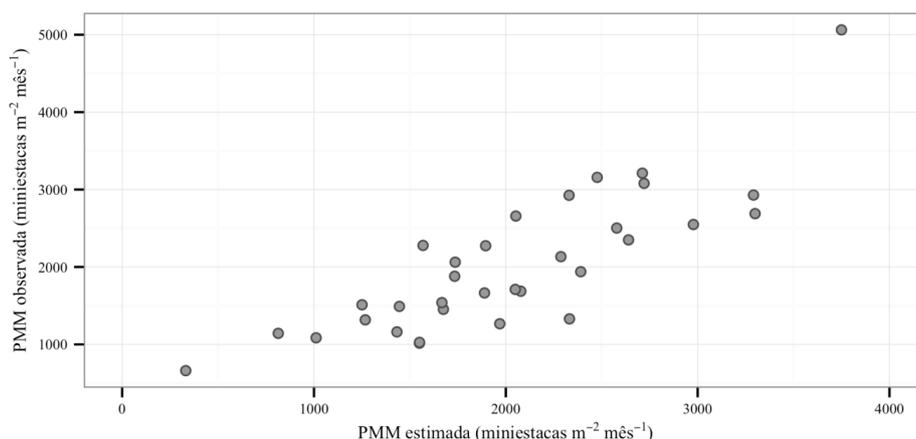


Figura 3.4 – Produção de miniestacas estimada e observada segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* em minijardim clonal.

Dentre as variáveis do modelo, a PAR máxima da semana 8 anterior a realização da coleta apresentou correlação positiva significativa, explicando 30,1 % da variação observada nos valores de produção de miniestacas (Tabela 3.2). Para a maior produtividade da primeira semana de 2008, para o clone 1 (mais de 7.000 miniestacas  $\text{m}^{-2} \text{mês}^{-1}$ ) (Figura 3.3a), a PAR máxima de oito semanas antes foi maior que 1500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Figura 3.3d). Para a última coleta, semana 25 de 2008, a produção de brotos ficou entre 900 a 1500 miniestacas  $\text{m}^{-2} \text{mês}^{-1}$  para os três clones, tendo a PAR máxima de 8 semanas antes alcançado 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  apenas (Figura 3.3d).

A temperatura participou da resposta do modelo através da correlação negativa da amplitude térmica na semana 13 antes da coleta, explicando 12,3 % da variação observada (Tabela 3.2). A maior amplitude térmica registrada no presente estudo foi observada na semana 16 e 20, com mínima de 0 °C e máxima igual ou maior que 35 °C (Figura 3.3c).

Tabela 3.2 – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido e porcentagem de participação nos efeitos ( $R^2$ ) para a produção de miniestacas por metro quadrado ao mês (PMM) de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* em minijardim clonal.

Variáveis	Coeficientes	Erro padrão	P-valor	$R^2$ (%)
Intercepto	37.220,070	15.266,831	0,022 *	-
PAR <sub>máx8</sub>	0,965	0,855	0,001 ***	30,12
$\Delta t_{13}$	-131,184	34,977	0,001 ***	12,29
U <sub>máx2</sub>	-250,743	92,543	0,011 *	11,97
U <sub>máx10</sub>	-365,848	109,135	0,002 **	9,17
U <sub>máx15</sub>	208,078	93,511	0,0346 *	5,65

Em que: ‘\*\*\*’ = significativo a 0,1 % de probabilidade de erro, ‘\*\*’ = significativo a 1 % de probabilidade de erro; ‘\*’ = significativo a 5 % de probabilidade de erro; ‘.’ = significativo a 10 % de probabilidade de erro;  $R^2$  = Coeficiente de determinação; PAR<sub>máx8</sub> = radiação fotossinteticamente ativa (PAR) máxima na 8ª semana antes da coleta;  $\Delta t_{13}$  = amplitude térmica na 13ª semana antes da coleta; U<sub>máx2</sub> = umidade relativa do ar máxima na 2ª semana antes da coleta; U<sub>máx10</sub> = umidade relativa do ar máxima na 10ª semana antes da coleta; U<sub>máx15</sub> = umidade relativa do ar máxima na 15ª semana antes da coleta.

A umidade relativa do ar influenciou a produtividade em diferentes semanas, tendo a umidade relativa do ar máxima da semana 2 e 10 apresentado correlações negativas com a produção, representando, respectivamente 12,0 % e 9,2 % da variação do modelo ajustado. Contudo, a umidade relativa do ar máxima da semana 15 correlacionou-se positivamente com a produção, contribuindo com 5,6 %. Os maiores valores das umidades máximas do período experimental foram de 84 % a 88 % (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 – Estatísticas descritivas das variáveis climáticas no minijardim clonal de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*.

	PAR <sub>máx</sub>	PAR <sub>méd</sub>	T <sub>máx</sub>	T <sub>mín</sub>	T <sub>méd</sub>	U <sub>máx</sub>	U <sub>mín</sub>	U <sub>méd</sub>	$\Delta T_{méd}$
Média	1.247,74	247,50	38,33	12,32	22,32	83,78	29,67	69,58	18,07
Coef. Var.	17,94	30,91	8,98	40,40	13,77	1,59	17,30	5,14	15,14
Mínimo	801,09	125,77	30,60	0	14,62	80,63	18,70	59,92	12,31
Máximo	1.597,4	466,49	45,10	19,70	26,94	88,16	44,64	76,40	24,60
Q1	1.071,98	190,28	36,18	9,55	19,79	83,06	26,39	66,83	16,21
Mediana	1.243,92	232,88	38,86	12,50	22,69	83,71	28,79	70,21	17,60
Q3	1.439,41	312,53	40,76	16,15	24,78	84,32	33,37	72,03	19,93

Em que: Coef. Var. = Coeficiente de variação; Q1 = primeiro quartil (25 %); Q3 = terceiro quartil (25 %); PAR<sub>máx</sub> = radiação fotossinteticamente ativa máxima; PAR<sub>méd</sub> = radiação fotossinteticamente ativa média; T<sub>máx</sub> = temperatura máxima; T<sub>mín</sub> = temperatura mínima; T<sub>méd</sub> = temperatura média; U<sub>máx</sub> = umidade relativa do ar máxima; U<sub>méd</sub> = umidade relativa do ar média; U<sub>mín</sub> = umidade realtiva do ar mínima;  $\Delta T_{méd}$  = amplitude térmica.

#### 4 – DISCUSSÃO

As minicepas demonstraram um elevado vigor para a produção de miniestacas, ao apresentarem 100% de sobrevivência ao longo do período experimental. Elevadas sobrevivências de minicepas foram observadas para o gênero *Eucalyptus* (WENDLING et al., 2000; TITON et al., 2003; WENDLING et al., 2003; SOUZA JUNIOR; WENDLING, 2003; ROSA, 2006; CUNHA et al., 2005; BRONDANI et al., 2012a). Ressalta-se que para todos aqueles estudos, exceto aquele de BRONDANI et al. (2012a), que avaliaram 27 coletas, a elevada sobrevivência (acima de 90 %) foi avaliada, somente para 4 a 14 coletas de brotações, não avaliando o comportamento das minicepas a longo prazo.

No presente estudo observou-se que mesmo a minicepa não chegando a mortalidade, sua produção, após atingir um máximo, teve uma queda (Figura 2.3a), o que pode estar associado não somente a mudança climática mas a ocorrência de um esgotamento fisiológico. Comportamento contrário ao relatado por Brondani et al. (2012a) para outros clones do mesmo híbrido *E. benthamii* x *E. dunnii*, onde as minicepas apresentaram uma exaustão apenas temporária, fato evidenciado pelo aumento da produção na última coleta. No entanto, Reis e Reis (1997) sugerem que o esgotamento fisiológico e baixo vigor das cepas ao longo do tempo pode estar relacionado com a competição do sistema radicular das mesmas pelos fatores ambientais e nutricionais bem como a diminuição da quantidade de reservas armazenadas.

A diferença de comportamento entre clones pode estar associada ao genótipo, sendo um dos fatores que influenciam a propagação vegetativa, existindo variações de comportamento entre espécies, e também entre clones de uma mesma espécie (XAVIER et al., 2009; HARTMANN et al., 2011). Essa diferença de comportamento entre clones de *Eucalyptus* quanto à produção de brotações em relação a diferentes fatores foi verificada por outros autores (TITON et al., 2003; LIMA et al., 2005; MAFIA et al., 2005; PINTO et al., 2011). Brondani et al. (2012a) avaliando outros clones do mesmo híbrido de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* também observaram diferentes desempenhos entre os clones nas diferentes coletas de brotos realizadas ao longo do ano.

Segundo Alfenas et al. (2009), a produção de miniestacas de *Eucalyptus* pode variar de 315 a 3400 miniestacas m<sup>-2</sup> mês<sup>-1</sup> em função da espécie, clone e minijardim adotado. Os resultados do presente estudo mostram que mesmo com desempenhos diferenciados, os três clones apresentaram produtividade de acordo com a literatura para esse gênero.

Brondani et al (2012a) observaram valores entre 1500 a 1800 miniestacas m<sup>-2</sup> mês<sup>-2</sup> para os clones do mesmo híbrido.

Quanto ao comportamento inicial na produtividade das minicepas, Wendling et al. (2003) sugerem que essa baixa produção nas primeiras coletas pode estar associada a necessidade de adaptação inicial das minicepas ao ambiente, além da poda de formação da minicepa para a quebra de dominância apical, que torna as gemas dormentes reativas após algumas coletas, resultando em maior estímulo ao crescimento nas semanas seguintes. Na miniestaquia de *E. dunnii*, Souza Junior e Wendling (2003) verificaram maior produção de miniestacas nas coletas 3 e 4 em relação as coletas 1 e 2, associando esse resultado também ao desenvolvimento do sistema radicular das minicepas de origem seminal. Cunha et al. (2005) também observaram o mesmo resultado na produtividade de minicepas de *E. benthamii*, destacando a não-exaustão das minicepas no decorrer das coletas.

A oscilação entre coletas para os três clones é outro fator a ser destacado. Verificou-se que os clones apresentaram semanas de elevadas produções seguidas de baixas produções de miniestacas. Esse resultado corrobora com os encontrados por Titon et al. (2003) na miniestaquia de *Eucalyptus grandis*, os quais atribuíram esse comportamento à exaustão temporária das minicepas. Brondani et al. (2012a) também verificaram a produção cíclica em minicepas do híbrido *E. benthamii* x *E. dunnii* em função das diferentes estações do ano. Para Wendling et al. (2000), as oscilações de produção estão associadas com a mudança na temperatura.

O efeito positivo da PAR na produção de brotos deve-se ao fato de que ela é a principal responsável por ativar o processo de fotossíntese, convertendo a energia luminosa em energia química, que vai ser armazenada e remobilizada para as atividades metabólicas celulares (GALVANI, 2009). Porém, segundo Hartmann et al. (2011), esse efeito sobre o crescimento dos vegetais depende da sua intensidade, qualidade ou duração, pois a intensidade e a duração da luz devem ser suficientes para um maior acúmulo de carboidratos do que os gastos na respiração. Os autores destacam que em condições de alta luminosidade ocorre maior síntese de citocininas, substâncias relacionadas ao crescimento da parte aérea.

A baixa radiação em determinados meses do ano no minijardim clonal e a redução da passagem de luz causada pelo empoeiramento do teto desses ambientes, que na sua maioria possuem cobertura fixa (ALFENAS et al., 2009) podem limitar a entrada de luz necessária para o adequado desenvolvimento da minicepa. Para contornar esse problema, pode-se otimizar a radiação máxima no minijardim, geralmente atingida entre 12h e 14h

(Apêndice H), através de algumas mudanças estruturais de um viveiro, como a utilização de um teto retrátil, o qual pode ser aberto em dias ensolarados visando a maior incidência solar e também a instalação de uma suplementação luminosa no minijardim (ASSIS et al., 2001), principalmente em dias de menor fotoperíodo, nos quais a máxima radiação é reduzida.

Alguns autores relataram o efeito positivo da luz em minijardim clonal de *Eucalyptus* (TORRES, 2003; SCARASSATI; GUERRINI, 2003; CUNHA et al., 2009; BRONDANI et al., 2012a), porém, sem definir qual o intervalo de intensidade luminosa que propiciou o maior desenvolvimento de brotações. Scarassati e Guerrini (2003), avaliando a produção de microestacas de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em casa de vegetação, verificaram a partir de 8 coletas, que a PAR média adequada para maximizar a produção foi de  $1458 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

O modelo ajustado indicou que o aumento da amplitude térmica não foi favorável para a produção de miniestacas. De acordo com Ometto (1981) existe um valor de energia mínima que aciona os mecanismos metabólicos das plantas, denominado temperatura base inferior, em que apenas estados energéticos acima deste limite são propícios ao crescimento e ao desenvolvimento dos vegetais. Martins et al. (2007) encontraram  $8 \text{ }^\circ\text{C}$  como a temperatura basal inferior para o crescimento de mudas de *E. saligna* e  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  para *E. grandis*, tendo como basal superior,  $36 \text{ }^\circ\text{C}$  para a segunda espécie (ALMEIDA et al., 2004). Ressalta-se que o *E. saligna* é originário de clima subtropical e temperado, sobrevivendo em regiões mais frias, assim como as espécies do híbrido do presente estudo, os quais suportaram temperaturas mínimas negativas durante o período experimental sem apresentar mortalidade. Porém, não são recomendadas oscilações de temperatura para esse híbrido, visto que, mesmo não ocorrendo à morte da minicepa, sua produtividade foi reduzida.

As reações bioquímicas das enzimas serão aceleradas caso não sejam mantidas dentro de uma faixa de temperatura adequada para o funcionamento das enzimas (TAIZ; ZEIGER, 2004). Valores acima ou abaixo de determinada faixa de temperatura podem causar desnaturação das mesmas, provocando perdas da sua função biológica e, em contrapartida, na taxa de crescimento. Battaglia et al. (1996) salientam que a mudança de curto prazo na temperatura ambiente ideal reflete na diminuição da atividade fotossintética, tendo a atividade retomada assim que a temperatura ótima é restaurada.

A literatura aborda a influência da umidade relativa do ar principalmente na fase de enraizamento (nebulização acima de 80 % em casa de vegetação) (ALFENAS et al., 2009;

XAVIER et al., 2009; HARTMANN et al., 2011) e não na produção de brotos no minijardim. Para o ambiente de minijardim, Alfenas et al. (2009) destacam apenas que a umidade excessiva deve ser evitada pois dificultam as trocas gasosas e propicia a incidência de doenças e a lixiviação de nutrientes, tornando as brotações fisiologicamente menos aptas a enraizar. A influência negativa da umidade relativa máxima de algumas semanas indica que o ambiente do minijardim deve ser mais seco para que a produtividade aumente. Entretanto, destaca-se que a umidade relativa máxima de 15 semanas anterior à coleta correlacionou-se de forma positiva com a produção. Assim, o manejo do ambiente deve ser bem planejado, pois as umidades relativas máximas ideais são diferentes para as diferentes fases de desenvolvimento das brotações.

Sugere-se dessa forma que as umidades máximas não variem muito, pois ao mesmo tempo em que ela estará beneficiando para uma fase da brotação em desenvolvimento irá afetar outras gemas em outras fases de desenvolvimento. Ressalta-se que a umidade está relacionada negativamente à temperatura do ar (Apêndice B), na qual o aumento de uma acarreta na diminuição da outra (SILVA et al., 2003), isso sugere que ambas as variáveis devem ser controladas em conjunto para que se tenha uma melhor eficiência na manutenção do ambiente de propagação, com condições climáticas que propiciem um aumento na produtividade de miniestacas.

De acordo com os valores máximos encontrados no estudo (Tabela 2.3), umidades relativas máximas acima de 84 % não são indicadas para uma boa produção de brotações. Cunha et al. (2009), também constataram que as umidades acima de 80 % influenciam negativamente na produtividade das minicepas de *E. grandis*, *E. urophylla* e híbridos desses. Porém, para microcepas do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, Scarassati e Guerrini (2003) constataram maiores produções com umidades máximas (92 %), médias (80 %) e mínimas (51 %) mais altas, ressaltando que o ambiente casa de vegetação, naturalmente com elevada umidade relativa do ar, foi estabelecido como microjardim.

## **5 – CONCLUSÃO**

A produção de brotações dos três clones de *E. benthamii* x *E. dunnii* foi influenciada pelas oscilações das variáveis climáticas em diferentes semanas anteriores a coleta, tendo a PAR máxima apresentado a maior contribuição para essa variação, seguida da umidade máxima e amplitude térmica. A partir dos valores climáticos ideais encontrados pelo modelo de regressão sugere-se que elevadas oscilações climáticas não são benéficas para um desenvolvimento adequado das minicepas e que o maior controle climático visando as faixas ideais podem otimizar a produção de brotações.

## CAPÍTULO IV

# INFLUÊNCIA DAS OSCILAÇÕES CLIMÁTICAS NA PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE HÍBRIDOS DE *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* POR MINIESTAQUIA

## RESUMO

Os *Eucalyptus* subtropicais apresentam-se como alternativas para regiões de ocorrência de geadas, como é o caso da região Sul do Brasil. Dada a importância dessas espécies e o conhecimento dos fatores que influenciam na formação de mudas clonais de forma mais detalhada, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da temperatura, umidade relativa do ar e PAR (Radiação fotossinteticamente ativa) no enraizamento e qualidade do sistema radicial de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* no decorrer de um ano. Para a formação das miniestacas foram coletadas brotações de um minijardim clonal formado por três clones do híbrido. As miniestacas foram tratadas com 2.000 mg L<sup>-1</sup> do fitoregulador vegetal ácido indolbutírico (AIB) e estaqueadas em substrato composto pela mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita média (1:1). Após foram transferidas para casa de vegetação por um período médio de 36 dias. Decorrido esse tempo as mesmas foram transferidas para casa de sombra para aclimação, na qual permaneceram em média, 19 dias. Visando a rusticificação, foram transferidas para área de pleno sol por, média, de 31 dias. Foram realizadas 41 coletas. Avaliaram-se a sobrevivência em casa de vegetação (SCV) e qualidade do sistema radicial através do número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CMR) e comprimento total de raízes (CTR) na saída da casa de vegetação. Na saída da casa de sombra foi avaliada a sobrevivência (SCS) e na área de pleno sol avaliou-se o enraizamento (EPS), o comprimento da parte aérea (CPA) e diâmetro do colo (DC) das mudas rusticificadas. Foi ajustado um modelo de regressão linear múltipla para cada variável supracitada em função das variáveis climáticas máximas, médias e mínimas das semanas em que permaneceram em cada ambiente. O clone 1 obteve a maior média de sobrevivência e enraizamento, porém o clone 3 apresentou uma maior média de CMR e CTR, sendo também superior ao clone 1 para o CPA, contudo teve o menor DC. Para a sobrevivência em casa de vegetação e casa de sombra a principal variável climática que influenciou o desenvolvimento foi a umidade relativa do ar, tendo a temperatura a maior participação para desenvolvimento radicial. Em área a pleno sol a temperatura máxima, umidade máxima e a radiação fotossinteticamente ativa apresentaram grande influência no desenvolvimento final da muda clonal. As oscilações semanais das variáveis climáticas influenciaram a sobrevivência e enraizamento das miniestacas de *E. benthamii* x *E. dunnii*, tendo necessidades diferenciadas em função das semanas de desenvolvimento.

**Palavras-Chaves:** clonagem, *Eucalyptus* subtropical, variável climática, enraizamento.

## CLIMATIC OSCILLATIONS INFLUENCE ON CLONE PRODUCTION OF *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* HYBRIDS THROUGH MINICUTTINGS TECHNIQUE

## ABSTRACT

Subtropical *Eucalyptus* are alternative for regions where frosts occur, like in south Brazil. Given the importance of these species and the knowledge of the factors that influence the clone formation, this study had as objective to evaluate the influence of temperature, relative humidity and PAR

(photosynthetically active radiation) on rooting and quality of radicial system of *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* minicutting during one year. For minicuttings formation, sprouts were collected in a mini-clonal hedge formed by three clones of the hybrid. Minicuttings were treated with 2000 mg L<sup>-1</sup> of the vegetable plant regulator indole butyric acid (IBA) and staked on substrate composed of carbonized by rice husk-bark and vermiculite (1: 1). After that, they were transferred to greenhouse for about 36 days. After this time, they were transferred to shade house, where stayed for about 19 days. Aiming hardening, they were transferred to full sun area, for about 31 days. Forty-one (41) sprouts were collected. The following variables were evaluated: survival in greenhouse (SCV) and roots quality through the number of roots (NR), length of the greater root (CMR) and total roots length (CTR). After shadow house period, survival was evaluated and in full sun area, rooting (EPS), shoot length (CPA) and stem diameter (DC) were evaluated. A multiple linear regression model was adjusted for each variable depending on climatic variables maximum, average and minimum of weeks that remained in each environment. Clone 1 showed the highest survival and rooting average, but clone 3 had a higher average of CTR and CMR and also higher than clone 1 for CPA, nevertheless showed the lowest DC. For survival in a greenhouse and shade house the main climatic variable that influenced the development was the relative humidity, and the temperature showed great participation for root development. In full sun area the maximum temperature, maximum humidity and photosynthetically active radiation (PAR) had great influence on the final development of clones. The weekly fluctuations in climatic variables influenced the survival and rooting of *E. benthamii* x *E. dunnii* minicuttings, showing different needs according to development period (week).

**Key-words:** cloning, subtropical *Eucalyptus*, climatic variable, rooting.

## 1 – INTRODUÇÃO

Dentre as espécies mais plantadas em áreas de ocorrência de geadas, cita-se o *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii*. Contudo, o elevado custo de aquisição de sementes de procedência geneticamente melhorada (PALUDZYSZYN FILHO et al., 2006) e a variabilidade genética oriunda da utilização de sementes ((DIAS et al., 2012) dificultam a formação de mudas de qualidade e, conseqüentemente, plantios florestais homogêneos e com características desejáveis e competitivos no mercado. A alternativa para essas espécies e híbridos subtropicais está na clonagem, sendo a técnica da miniestaquia considerada a de maior viabilidade econômica para o estabelecimento de plantios clonais (ALMEIDA et al., 2007; ASSIS; MAFIA, 2007).

Para o sucesso da produção de mudas clonais é importante conhecer os fatores que afetam a formação de raízes e suas implicações. Segundo Assis et al. (2004) em regiões subtropicais, uma das principais limitações na propagação de *Eucalyptus* é um declínio na produção e enraizamento de propágulos no inverno, tornando-a inviável para a produção comercial, visto que o enraizamento abaixo de 70 % não é aceitável para viveiros comerciais (TRUEMAN, 2006).

Trabalhos avaliando os fatores climáticos nas diferentes etapas da produção de mudas clonais de espécies e clones de *Eucalyptus* podem ser encontrados na literatura (ZUFFELLATO-RIBAS; RODRIGUES, 2001b; SCARASSATI; GUERRINI, 2003; TORRES, 2003; MÁFIA et al., 2006; CUNHA et al., 2009; BRONDANI et al., 2010a; BRONDANI et al., 2012a; TRUEMAN et al., 2013a; TRUEMAN et al., 2013b), porém sua influência precisa ser melhor elucidada.

Dessa forma, surge a necessidade de estudos mais detalhados que possam identificar a forma como as variáveis climáticas estão correlacionadas com a formação das mudas clonais, visando desenvolver alternativas para um maior controle climático nos ambientes durante o processo de miniestaquia e conseqüentemente colaborar com o planejamento de produção de mudas, bem como na sua qualidade e disponibilidade nas diferentes épocas do ano.

A partir do exposto, o presente estudo objetivou avaliar a influência das oscilações climáticas na produção de mudas clonais de três híbridos naturais de *E. benthamii* x *E. dunnii* por miniestaquia no decorrer de um ano.

## 2 – MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado entre julho de 2007 e junho de 2008 no Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas, localizado 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, ou seja, temperatura do mês mais frio entre -3 °C a 18 °C, sempre úmido, chuva em todos os meses do ano e temperatura do mês mais quente inferior a 22 °C, mas no mínimo 4 meses com temperatura maior que 10 °C.

O minijardim clonal de sistema semi-hidropônico de canaletão em leito de areia foi constituído por minicepas de três híbridos naturais de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*, formadas conforme metodologia descrita por Brondani et al (2009a). Em função da época do ano, o intervalo entre cada coleta variou de 7 a 15 dias, procurando-se manter a padronização estabelecida quanto à seleção das brotações, na qual brotações menores que 5 cm e com menos de 3 pares de folhas foram mantidas na minicepa para as coletas subsequentes.

As brotações coletadas do minijardim foram armazenadas em caixas de isopor contendo água visando minimizar a perda da turgescência dos tecidos. Logo após a coleta foram preparadas as miniestacas, sem a remoção da ponteira (brotação apical), com corte

reto na região basal. As miniestacas apresentavam comprimento de 7 cm ( $\pm$  1 cm) contendo um par de folhas, reduzidas a 50% da sua área.

A região basal das miniestacas foi mergulhada durante 10 segundos em solução hidroalcoólica contendo 2.000 mg L<sup>-1</sup> do fitorregulador ácido indolbutírico - AIB (diluído a 50 % em álcool e 50 % em água v/v). Essas foram plantadas em tubetes plásticos cônicos (55 cm<sup>3</sup>), com a introdução de aproximadamente 3 cm da sua base no substrato, composto pela mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita média (1:1 v/v), 4 kg m<sup>-3</sup> de superfosfato simples (20 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 14 % de S) e 1,5 kg m<sup>-3</sup> de FTEBR12 (9 % Zn, 3 % Fe, 2 % Mn, 0,1 % Mo, 1,8 % B, 0,8 % Cu) (BRONDANI et al., 2009).

Após o estaqueamento em substrato, as bandejas contendo as miniestacas foram transferidas para casa de vegetação. O período de permanência das miniestacas em casa de vegetação automatizada foi, em média, de 35 dias, em função do enraizamento e variável conforme a época do ano. A umidade relativa do ar (UR > 80 %) e temperatura (entre 20 e 30 °C) foram mantidas automaticamente, por meio de umidostato e termostato, respectivamente.

Após o período de enraizamento, as miniestacas foram transferidas para casa de sombra (sombrite 50 %) visando sua aclimação, em média, de 19 dias, variável em função da época do ano. O sistema de microaspersão funcionou com pressão de água da rede e foi controlado por timer em intervalos pré-estabelecidos. O sistema foi composto por 12 microaspersores de 2,0 kg cm<sup>-2</sup> de pressão, com vazão de 144 L hora<sup>-1</sup> (2,4 L minuto<sup>-1</sup>), o qual ligou durante 2 minutos a cada 2 horas.

Posteriormente, as miniestacas aclimatadas foram transferidas para uma área de pleno sol, visando a rustificação e crescimento durante 31 dias, em média. O sistema de aspersão funcionou com pressão de água de rede (2,0 kg cm<sup>-2</sup>) e foi controlado por timer em intervalos pré-estabelecidos. O sistema foi composto por 12 microaspersores de 97 L hora<sup>-1</sup>, o qual ligou 3 vezes ao dia, sendo 30 minutos por vez nos períodos mais quentes e 20 minutos nos períodos mais frios.

O tempo de formação da muda foi de 95 dias, em média (Apêndice A), de acordo com o estabelecido pela literatura para a miniestaquia de *Eucalyptus* (ALFENAS et al., 2009; XAVIER et al., 2009).

Da fase de aclimação até a rustificação, realizou-se adubação semanal de cobertura com 6 ml muda<sup>-1</sup>, utilizando-se a 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 (BRONDANI et al., 2009).

Ao longo das 41 coletas realizadas foram avaliadas: sobrevivência das miniestacas na saída da casa de vegetação (SCV), na qual foram consideradas vivas apenas as miniestacas que mantiveram a coloração verde; sobrevivência das miniestacas na saída da casa de sombra (SCS); enraizamento a pleno sol (EPS), comprimento da parte aérea (CPA) e diâmetro do colo (DC) das mudas rustificadas nesse ambiente.

A partir da coleta 15 foram incluídas três variáveis visando avaliar o vigor radicial das miniestacas enraizadas em casa de vegetação: número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CMR) e comprimento total de raízes (CTR). Para tanto foram analisadas duas miniestacas por repetição a cada avaliação, totalizando 10 miniestacas por avaliação.

Os dados de temperatura e umidade dos ambientes supracitados foram monitorados diariamente ao longo do experimento e armazenados a cada 1 hora pelo sistema FildChat NOVUS 1.70<sup>®</sup>. Os dados de PAR (Radiação fotossinteticamente ativa) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) para casa de sombra e área a pleno sol foram obtidos a partir da radiação solar ( $\text{W s}^{-1}$ ) oriunda da estação meteorológica do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná) mais próxima da área do experimento. A conversão da radiação solar para PAR foi feita segundo VALRLET-GRANCHER et al. (1993) e PEREIRA et al. (2002): 1 W de radiação solar global corresponde 2,02  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de PAR.

Para a casa de sombra, antes da conversão da radiação solar em PAR considerou-se uma redução de 50 % de entrada de radiação no ambiente devido ao sombrite (50 %) utilizado na cobertura da estufa.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial (3x41), sendo os fatores constituídos por 3 clones e 41 coletas sucessivas de brotações ao longo de um ano. Foram utilizadas cinco repetições e dez miniestacas por repetição para cada clone a cada coleta. Para as variáveis radiciais considerou-se um arranjo fatorial constituído por 3 clones e 27 coletas.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk ( $p < 0,05$ ). Em seguida, procedeu-se a análise de variância (ANOVA) ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ) entre as características amostradas.

Para a construção do modelo de regressão linear múltipla foram considerados as variáveis climáticas do período em que as miniestacas estiveram no ambiente de propagação. Esses foram caracterizados semanalmente pelos seus valores médios, máximos e mínimos, tendo para a variável temperatura a inserção da amplitude térmica

como uma nova variável. A semana 0 correspondeu a semana de entrada das miniestacas nos ambientes. A partir disso, foram incluídas no modelo variáveis significativas ao nível de 5 % de probabilidade. Para tanto foi utilizado o software R version 3.1.1.

### 3 – RESULTADOS

#### 3.1 – SOBREVIVÊNCIA DAS MINIESTACAS NA SAÍDA DA CASA DE VEGETAÇÃO

Verificou-se efeito significativo entre os clones, coletas e na sua interação para sobrevivência de miniestacas na saída da casa de vegetação (SCV) ( $p < 0,001$ ) (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Resumo da análise de variância para a sobrevivência das miniestacas de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de vegetação (SCV).

Causas da variação	SCV (%)	
	GL	Quadrados médios
Coleta (Col)	40	7406,6***
Clone (Clo)	2	9043,8***
Col x Clo	80	1093,9***
Resíduo	492	178,2
Média	-	71,49
CV <sub>exp</sub>	-	39,50

Em que: ‘\*\*\*’ = significativo a 0,1 % de probabilidade de erro, ‘\*\*’ = significativo a 1 % de probabilidade de erro; ‘\*’ = significativo a 5 % de probabilidade de erro; ‘.’ = significativo a 10 % de probabilidade de erro pelo teste F; GL = graus de liberdade, CV<sub>exp</sub> = coeficiente de variação experimental.

A frequência dos valores mais comumente observados para cada clone durante as 41 coletas evidencia a superioridade do clone 1, o qual apresentou as maiores sobrevivências no decorrer do período experimental, média de 79 %, tendo o clone 2 (68 %) e clone 3 (67 %) não diferindo estatisticamente (Figura 4.1).

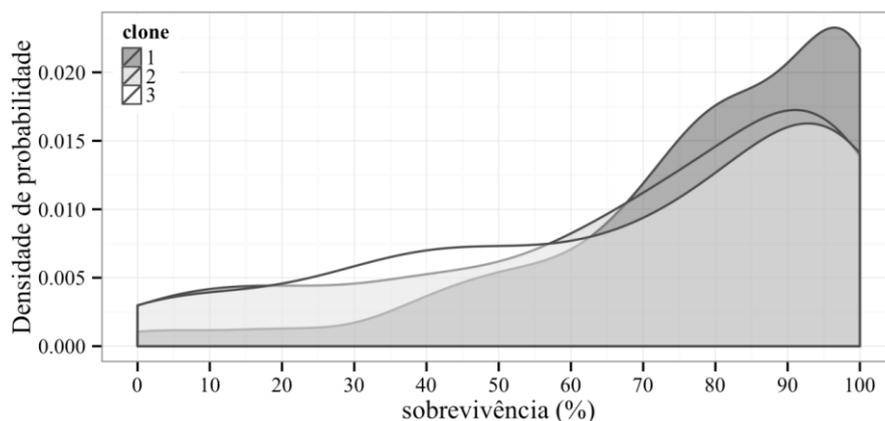


Figura 4.1 – Densidade de probabilidade em relação à sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de vegetação.

Pode-se observar também a variação da sobrevivência de miniestacas em função das diferentes semanas de coletas (Figura 4.2a). Verificou-se uma elevada sobrevivência entre as semanas 26 a 50 para os três clones, após, ocorreu uma queda acentuada principalmente para o clone 2 e 3, tendo o clone 1 aumentado a sobrevivência a altos índices (90 %) a partir da semana 18. Destaca-se também, o comportamento cíclico para sobrevivência entre as diferentes semanas de entrada na casa de vegetação.

As figuras 4.2b e c apresentam as médias semanais das umidades e temperaturas máximas, médias e mínimas dentro da casa de vegetação durante o período experimental.

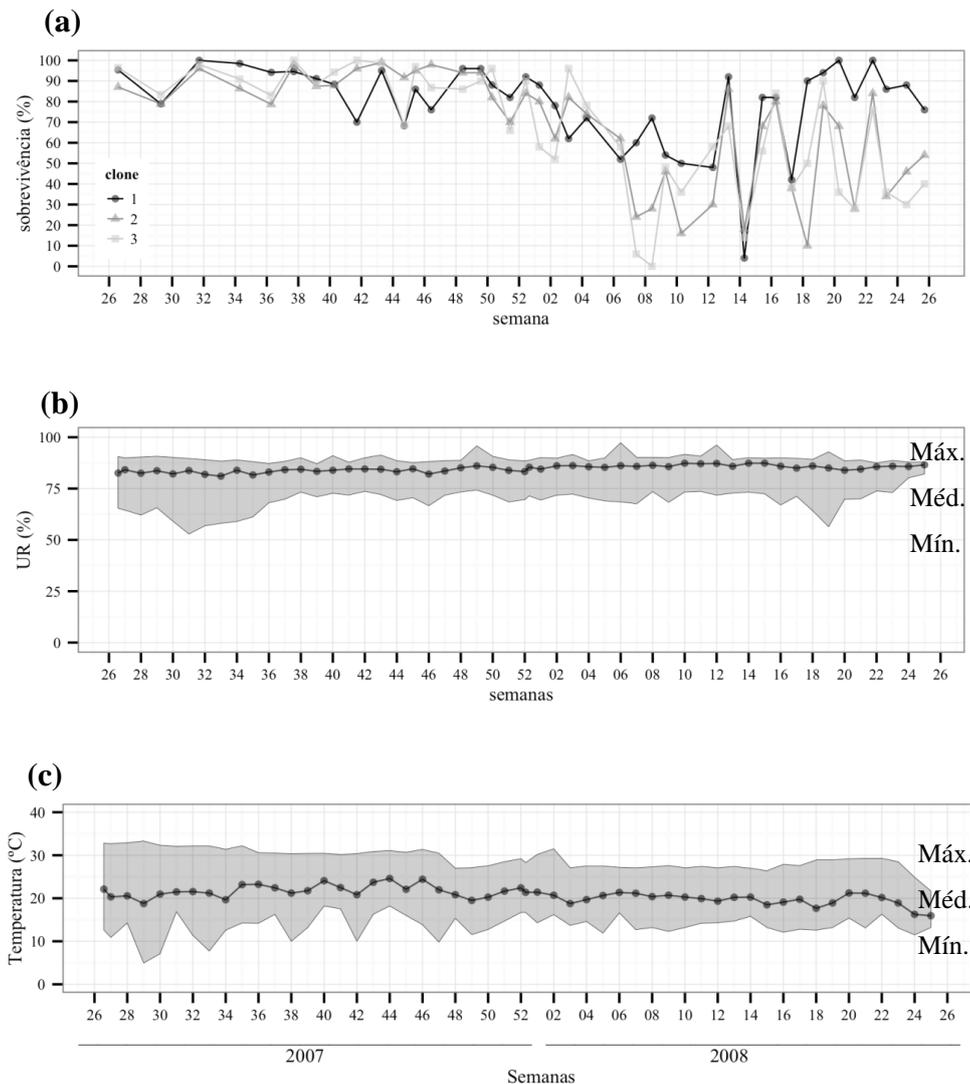


Figura 4.2 – (a) Sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*; (b) Umidade relativa do ar (%) e (c) Temperatura (°C) máxima, média e mínima em função das diferentes semanas de entrada em casa de vegetação.

A partir da inserção das variáveis climáticas semanais da casa de vegetação que explicaram a variação total da sobrevivência (SCV) e que foram significativas ao nível de 5 % de probabilidade ajustou-se o modelo descritivo a seguir com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 76 % (Figura 4.3):

$$SCV = 1,771,7415 - 9,6890 U_{méd1} + 2,2574 U_{mín1} - 13,3607 U_{méd2} - 2,4604 U_{mín3} + 2,9271 U_{mín2} - 5,7843 T_{méd2} + 1,9014 T_{mín2} + 1,8247 U_{máx2}$$

Em que:  $U_{méd1}$  = Umidade média na 1ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $U_{mín1}$  = Umidade mínima na 1ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $U_{méd2}$ : Umidade média na 2ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $U_{mín3}$  = Umidade mínima na 3ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $U_{mín2}$  = Umidade mínima na 2ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $T_{méd2}$  = Temperatura média na 2ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $T_{mín2}$  = Temperatura mínima na 2ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $U_{máx2}$  = Umidade máxima na 2ª semana após a entrada na casa de vegetação.

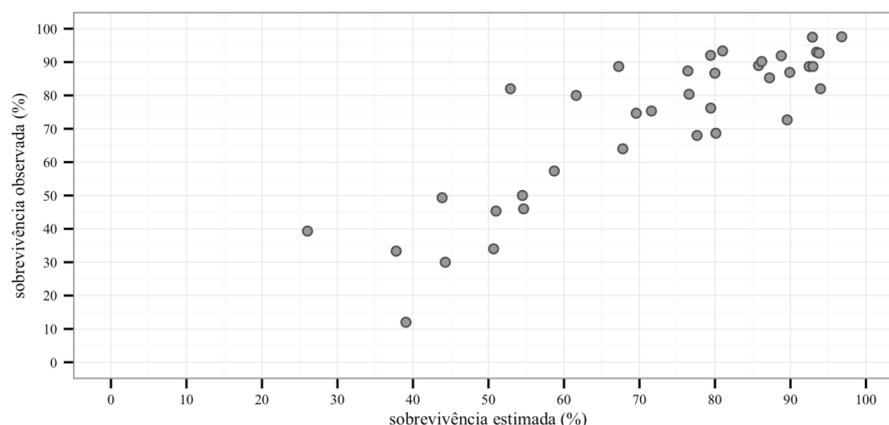


Figura 4.3 – Sobrevivência de miniestacas estimada e observada segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de vegetação.

Dentre as variáveis do modelo, as umidades médias da primeira e segunda semana após a entrada das miniestacas na casa de vegetação apresentaram correlação significativa negativa com a sobrevivência, explicando juntas 45,6 % da variação observada nos valores de sobrevivência das miniestacas (Tabela 4.2). A partir da figura 3.4, que destaca somente a variação da umidade média entre as semanas, verificou-se que nas semanas de maior umidade média ocorreram as menores porcentagens de sobrevivência (Figura 4.2a), sendo indicador da sua influência negativa. Os valores máximos encontrados para essa variável climática (Tabela 4.3) que implicaram na correlação negativa com a sobrevivência foram de 85 % a 87 %.

Tabela 4.2 – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para a sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de vegetação.

Variáveis	Coeficientes	Erro padrão	P-valor	R <sup>2</sup>
Intercepto	1,771,7415	235,9617	2,82.10 <sup>-8</sup> ***	-
U <sub>méd1</sub>	-9,6890	2,3502	0,0003***	40,25
U <sub>mín1</sub>	2,2574	0,6721	0,0022**	8,59
U <sub>méd2</sub>	-13,3607	3,0005	0,0001***	5,63
U <sub>mín3</sub>	-2,4604	0,5861	0,0002***	4,70
U <sub>mín2</sub>	2,9271	0,7160	0,0003***	10,23
T <sub>méd2</sub>	-5,7843	2,1338	0,0111*	3,02
T <sub>mín2</sub>	1,9014	1,1433	0,1071	1,76
U <sub>máx2</sub>	1,8247	1,2882	0,1673	1,67

Em que: ‘\*\*\*’ = significativo a 0,1 % de probabilidade de erro; ‘\*\*’ = significativo a 1 % de probabilidade de erro; ‘\*’ = significativo a 5 % de probabilidade de erro; ‘.’ = significativo a 10 % de probabilidade de erro; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação; U<sub>méd1</sub> = Umidade média na 1ª semana após a entrada na casa de vegetação; U<sub>mín1</sub> = Umidade mínima na 1ª semana após a entrada na casa de vegetação; U<sub>méd2</sub>; Umidade média na 2ª semana após a entrada na casa de

vegetação;  $U_{\text{mín}3}$  = Umidade mínima na 3ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $U_{\text{mín}2}$  = Umidade mínima na 2ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $T_{\text{méd}2}$  = Temperatura média na 2ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $T_{\text{mín}2}$  = Temperatura mínima na 2ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $U_{\text{máx}2}$  = Umidade máxima na 2ª semana após a entrada na casa de vegetação.

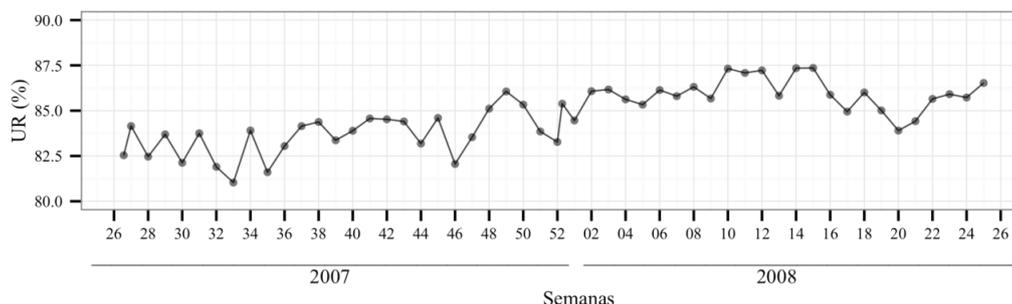


Figura 4.4 – Umidade relativa do ar média (%) em função das diferentes semanas em casa de vegetação.

As umidades mínimas da primeira e segunda semana após a entrada na casa de vegetação participaram do modelo ajustado correlacionando-se positivamente e representando 18,8 % da variação ocorrida na sobrevivência, contudo a mínima da terceira semana teve correlação negativa, e representou apenas 4,7 % da variação. A umidade mínima na casa de vegetação variou de 53 % a 82 % (Tabela 4.3) ao longo das 41 coletas. Os maiores valores de umidades mínimas registrados na casa de vegetação que refletiram na correlação positiva e maior sobrevivência das miniestacas foram de 72 % a 82 % (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Estatísticas descritivas das variáveis climáticas em casa de vegetação.

	$T_{\text{máx}}$	$T_{\text{mín}}$	$T_{\text{méd}}$	$U_{\text{máx}}$	$U_{\text{mín}}$	$U_{\text{méd}}$	$\Delta T_{\text{méd}}$
Média	29,26	13,55	20,78	89,80	69,05	84,71	10,29
Coef. Var.	7,96	19,80	8,54	2,28	8,27	1,86	34,96
Mínimo	21,70	4,95	15,94	87,10	52,85	81,03	3,10
Máximo	33,30	18,20	24,60	97,30	82,10	87,35	18,30
Q1	27,40	12,58	19,76	88,50	67,0	83,75	7,04
Mediana	29,20	13,20	20,82	89,70	70,40	84,60	10,37
Q3	30,88	15,40	21,66	90,20	72,68	85,88	12,21

Em que: Coef. Var. = Coeficiente de variação; Q1 = primeiro quartil (25 %); Q3 = terceiro quartil (25 %);  $T_{\text{máx}}$  = temperatura máxima;  $T_{\text{mín}}$  = temperatura mínima;  $T_{\text{méd}}$  = temperatura média;  $U_{\text{máx}}$  = umidade máxima;  $U_{\text{méd}}$  = umidade média;  $U_{\text{mín}}$  = umidade mínima;  $\Delta T_{\text{méd}}$  = amplitude térmica.

Outras variáveis que compuseram com menor representatividade o modelo foram a temperatura média (3,0 %), temperatura mínima (2,0 %) e umidade máxima (1,7 %) da segunda semana, tendo a temperatura média se correlacionado negativamente e a

temperatura mínima e umidade máxima com correlações positivas com a sobrevivência (Tabela 4.2).

### 3.2 – VIGOR RADICIAL DAS MINIESTACAS NA SAÍDA CASA DE VEGETAÇÃO

Verificou-se efeito significativo entre clones para o número de raízes ( $p < 0,001$ ), comprimento da maior raiz ( $p < 0,001$ ) e comprimento total de raízes ( $p < 0,05$ ) e entre coletas para o número de raízes ( $p < 0,05$ ), comprimento da maior raiz ( $p < 0,001$ ) e comprimento total de raízes ( $p < 0,001$ ). Para a interação clone x coleta houve significância apenas para o comprimento da maior raiz e comprimento total de raízes ( $p < 0,001$ ) (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 – Resumo da análise de variância para o número de raízes (NR), comprimento da maior raiz (CMR) e comprimento total de raízes (CTR) de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de vegetação.

Causas da variação	GL	NR	CMR (cm)	CTR (cm)
		Quadrados médios		
Coleta (Col)	40	1,4883*	85,707***	350,99***
Clone (Clo)	2	24,6885***	202,959***	207,96*
Col x Clo	80	0,9703	26,442***	106,31***
Resíduo	492	0,8422	12,303	57,97
Média	-	2,24	7,96	13,38
CVexp	-	45,14	56,32	68,91

Em que: ‘\*\*\*’ = significativo a 0,1 % de probabilidade de erro, ‘\*\*’ = significativo a 1% de probabilidade de erro; ‘\*’ = significativo a 5 % de probabilidade de erro; ‘.’ = significativo a 10 % de probabilidade de erro pelo teste F; GL = graus de liberdade, CV<sub>exp</sub> = coeficiente de variação experimental.

A partir da figura 4.5a observou-se que o clone 1 apresentou maior número de raízes em relação aos demais e o clone 3 apresentou o menor. Para o clone 1, os maiores valores de densidade foram observados à partir de 2 raízes, para o clone 3, os maiores valores podem ser visualizado a 1,5. Embora o clone 3 tenha apresentado o menor número de raízes, quando observado o comprimento da maior raiz (Figura 4.5b), este apresentou maior número de raízes maiores que 11 cm comparado aos clones 1 e 2. O clone 1 apresentou as maiores densidades para raízes maiores, entre 5 e 10 cm. Para o comprimento total de raízes (Figura 4.5c), o clone 3 apresentou os maiores valores de

densidade para comprimentos acima de 20 cm. Para o clone 1 foram observadas densidades entre 7,5 a 13 cm.

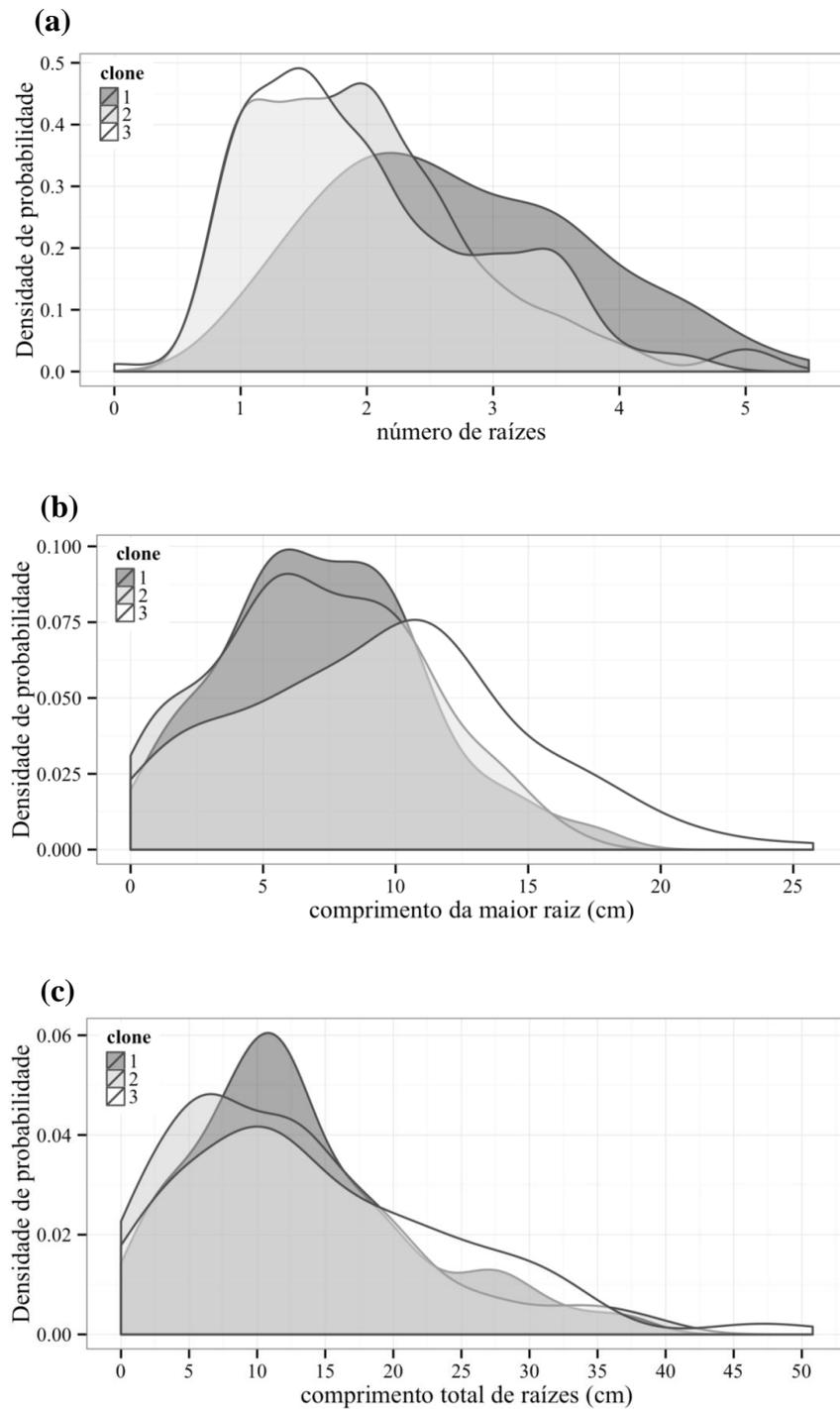


Figura 4.5 – Densidade de probabilidade em relação ao (a) número de raízes; (b) comprimento da maior raiz; (c) comprimento total de raízes por miniestaca de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de vegetação.

A figura 4.6 representa as variáveis do vigor radicial em função das diferentes semanas de coleta. Verificou-se que os três clones apresentaram comportamento cíclico semelhantes no decorrer das semanas. Para o número de raízes (Figura 4.6a), o clone 1 foi superior aos demais na maioria das semanas, tendo seu valor máximo ocorrido na semana 52 (4,5). Quanto ao comprimento da maior raiz (Figura 4.6b), o clone 3 destacou-se entre as semanas 51 de 2007 a semana 4 de 2008. A partir da semana 6 de 2008, os clones apresentaram um decréscimo no comprimento seguindo o mesmo comportamento. Para o comprimento total de raízes (Figura 4.6c) os três clones apresentaram desempenhos semelhantes ao longo das semanas, exceto o clone 3 entre as semanas 50 de 2007 a semana 4 de 2008, nas quais apresentou valores superiores.

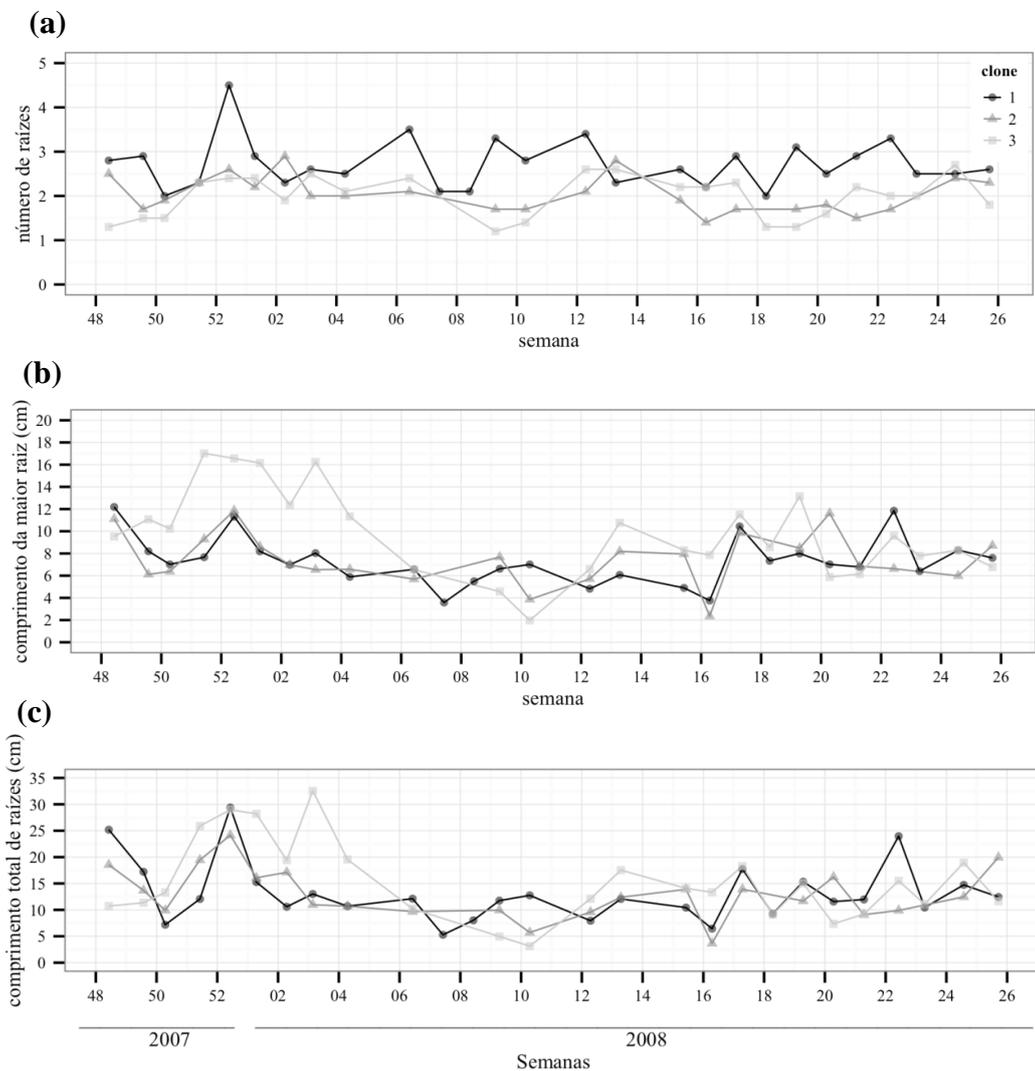


Figura 4.6 – (a) número de raízes; (b) comprimento da maior raiz e (c) comprimento total de raízes por miniestaca de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* em função das diferentes semanas de entrada em casa de vegetação.

A partir da inserção das variáveis climáticas semanais na casa de vegetação que explicaram a variação total do número de raízes (NR) e que foram significativas ao nível de 5 % de probabilidade ajustou-se o modelo descritivo a seguir com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 83,7 % (Figura 4.7):

$$NR = -26,63584 + 0,10129 T_{\text{mín}1} + 0,12569 U_{\text{méd}2} + 0,19634 T_{\text{máx}1} + 0,05033 U_{\text{máx}0} + 0,02429 U_{\text{mín}0} + 0,05651 U_{\text{máx}3} - 0,11386 \Delta T_{\text{méd}0} + 0,03898 \Delta T_{\text{méd}3} + 0,04841 \Delta T_{\text{méd}1}$$

Em que:  $T_{\text{mín}1}$  = Temperatura mínima na 1ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $U_{\text{méd}2}$  = Umidade média na 2ª semana após a entrada das miniestacas;  $T_{\text{máx}1}$  = Temperatura máxima na 1ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $U_{\text{máx}0}$  = Umidade máxima na semana de entrada na casa de vegetação;  $U_{\text{mín}0}$  = Umidade mínima na semana de entrada na casa de vegetação;  $U_{\text{máx}3}$  = Umidade máxima da 3ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $\Delta T_{\text{méd}0}$  = Amplitude térmica média da semana de entrada na casa de vegetação;  $\Delta T_{\text{méd}3}$  = Amplitude térmica média da 3ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $\Delta T_{\text{méd}1}$  = Amplitude térmica da 1ª semana após a entrada das miniestacas na casa de vegetação.

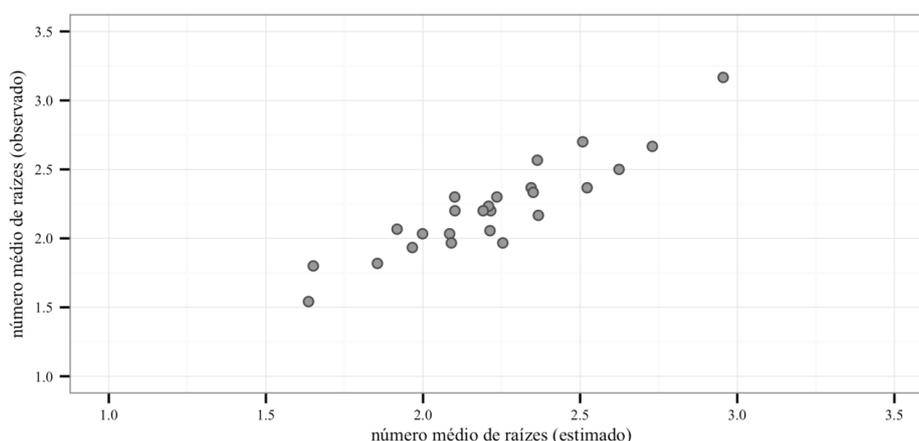


Figura 4.7 – Número de raízes estimado e observado segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* em casa de vegetação.

A temperatura mínima na primeira semana após a entrada das miniestacas na casa de vegetação foi a variável climática de maior representatividade no modelo ajustado (39 %) e correlacionou-se positivamente com o número de raízes produzidas (Tabela 4.5). Dessa forma, sugere-se que o aumento das temperaturas mínimas contribui com o aumento do número de raízes. A partir dos valores máximos registrados durante o período experimental, as temperaturas mínimas indicadas estiveram entre 15 °C a 18 °C (Tabela 4.3).

Tabela 4.5 – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para o número de raízes formadas por miniestaca de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída casa de vegetação.

Variáveis	Coeficientes	Erro padrão	P-valor	R <sup>2</sup>
Intercepto	-26,6358	4,3874	2,14.10 <sup>-5***</sup>	-
T <sub>mín0</sub>	0,1013	0,0279	0,0024**	38,95
U <sub>méd2</sub>	0,1257	0,0405	0,0073**	8,38
T <sub>máx1</sub>	0,1963	0,00391	0,0001***	6,13
U <sub>máx0</sub>	0,0503	0,0157	0,0059**	9,55
U <sub>mín0</sub>	0,0242	0,0109	0,0413*	4,73
U <sub>máx3</sub>	0,0565	0,0191	0,0098**	4,54
$\Delta T_{méd0}$	-0,1139	0,0374	0,0083**	2,70
$\Delta T_{méd3}$	0,0389	0,0235	0,1183	6,43
$\Delta T_{méd1}$	0,0484	0,0332	0,1655	2,31

Em que: ‘\*\*\*’ = significativo a 0,1 % de probabilidade de erro, ‘\*\*’ = significativo a 1 % de probabilidade de erro; ‘\*’ = significativo a 5 % de probabilidade de erro; ‘.’ = significativo a 10 % de probabilidade de erro; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação; T<sub>mín1</sub> = Temperatura mínima na 1ª semana após a entrada na casa de vegetação; U<sub>méd2</sub> = Umidade média na 2ª semana após a entrada das miniestacas; T<sub>máx1</sub> = Temperatura máxima na 1ª semana após a entrada na casa de vegetação; U<sub>máx0</sub> = Umidade máxima na semana de entrada na casa de vegetação; U<sub>mín0</sub> = Umidade mínima na semana de entrada na casa de vegetação; U<sub>máx3</sub> = Umidade máxima da 3ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $\Delta T_{méd0}$  = Amplitude térmica média da semana de entrada na casa de vegetação;  $\Delta T_{méd3}$  = Amplitude térmica média da 3ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $\Delta T_{méd1}$  = Amplitude térmica da 1ª semana após a entrada das miniestacas na casa de vegetação.

A umidade relativa do ar média da segunda semana representou apenas 8,4 % do modelo e resultou da correlação positiva com o número de raízes (Tabela 4.5). Ressalta-se que a mesma variável climática teve alta correlação negativa com a sobrevivência das miniestacas no mesmo ambiente, assim, deve-se ter cautela no manejo dessa variável climática, pois a condição ideal para o desenvolvimento dos vários fatores no processo de miniestaquia é diferenciada.

A temperatura máxima da primeira semana apresentou correlação positiva e representou 6,1 % do modelo. A umidade máxima da semana de entrada e da terceira semana representaram juntas 14 % do modelo com correlação positiva. A umidade mínima da semana de entrada representou 4,7 % do modelo e correlacionou-se positivamente. A amplitude térmica da semana de entrada, primeira e terceira semana após a entrada em casa de vegetação representaram juntas 11,5 %, somente a primeira semana teve correlação negativa (Tabela 4.5).

A partir da inserção das variáveis climáticas semanais na casa de vegetação que explicaram a variação total do comprimento da maior raiz (CMR) e que foram significativas ao nível de 5 % de probabilidade ajustou-se o modelo descritivo a seguir com um coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) de 73,0 % (Figura 4.8):

$$\text{CMR} = 5,5198 + 1,2719 T_{\text{máx}1} - 0,9500 U_{\text{méd}3} + 0,9473 T_{\text{mín}0} + 0,5784 T_{\text{mín}3} + 0,2941 U_{\text{máx}3}$$

Em que:  $T_{\text{máx}1}$  = Temperatura máxima na 1ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $U_{\text{méd}3}$  = Umidade média na 3ª semana após a entrada na casa de vegetação;  $T_{\text{mín}0}$  = Temperatura mínima na semana de entrada na casa de vegetação;  $T_{\text{mín}3}$  = Temperatura mínima na 3ª após a entrada na casa de vegetação;  $U_{\text{máx}3}$  = Umidade máxima na 3ª semana após a entrada na casa de vegetação.

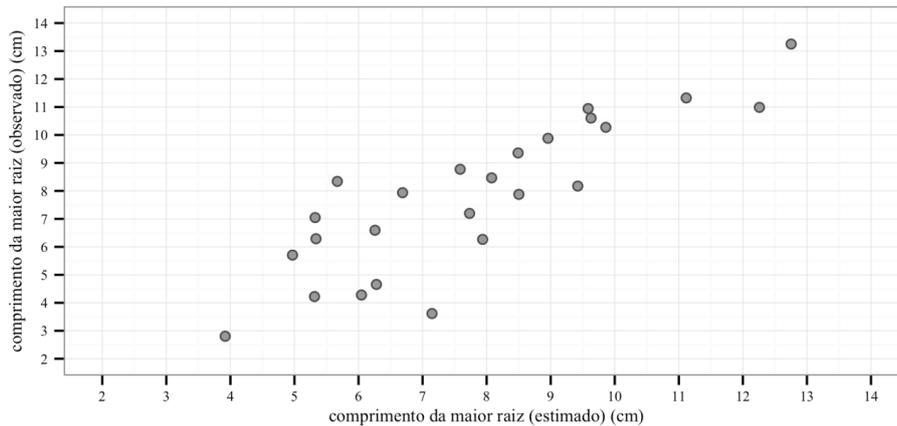


Figura 4.8 – Comprimento da maior raiz estimado e observado segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de vegetação.

A temperatura máxima da primeira semana após a entrada das miniestacas em casa de vegetação teve elevada correlação positiva com o comprimento da maior raiz formada (34 %) (Tabela 4.6). As máximas temperaturas registradas nesse ambiente que contribuíram para essa correlação positiva no modelo foram de 31 °C a 33 °C. A temperatura mínima da semana de entrada e terceira semana teve correlação positiva e representou 24 % do modelo ajustado (Tabela 4.6), indicando que o aumento dessa variável climática contribui também para o aumento do comprimento da maior raiz.

Tabela 4.6 – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para o comprimento da maior raiz formada por miniestaca de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de vegetação.

Variáveis	Coeficientes	Erro padrão	P-valor	R <sup>2</sup>
Intercepto	5,5198	29,4988	0,8535	-
T <sub>máx1</sub>	1,2719	0,2966	0,0004***	34,07
U <sub>méd3</sub>	-0,9500	0,3478	0,0132*	10,28
T <sub>mín0</sub>	0,9473	0,2369	0,0007***	12,36
T <sub>mín3</sub>	0,5784	0,2552	0,0352*	11,67
U <sub>máx3</sub>	0,2941	0,1636	0,0882.	4,59

Em que: ‘\*\*\*’ = significativo a 0,1 % de probabilidade de erro; ‘\*\*’ = significativo a 1 % de probabilidade de erro; ‘\*’ = significativo a 5 % de probabilidade de erro; ‘.’ = significativo a 10 % de probabilidade de erro; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação; T<sub>máx1</sub> = Temperatura máxima na 1ª semana após a entrada na casa de vegetação; U<sub>méd3</sub> = Umidade média na 3ª semana após a entrada na casa de vegetação; T<sub>mín0</sub> = Temperatura mínima na semana de entrada na casa de vegetação; T<sub>mín3</sub> = Temperatura mínima na 3ª após a entrada na casa de vegetação; U<sub>máx3</sub> = Umidade máxima na 3ª semana após a entrada na casa de vegetação.

A umidade média da terceira semana representou 10,3 % do modelo ajustado com correlação negativa, igualmente ao resultado apresentado pela sobrevivência, significando que a diminuição da umidade média favoreceu o crescimento da raiz. No entanto, a umidade máxima da terceira semana apresentou correlação positiva, representando 4,6 % (Tabela 4.6). Pode-se inferir dessa forma, que os valores médios devem ter maior controle para um melhor desempenho das miniestacas tanto para sobrevivência como para o crescimento das suas raízes.

A partir da inserção das variáveis climáticas semanais da casa de vegetação que explicaram a variação total do comprimento total de raízes (CTR) e que foram significativas ao nível de 5 % de probabilidade ajustou-se o modelo descritivo a seguir com um coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) de 69,9 % (Figura 4.9):

$$\text{CTR} = -107,7079 + 2,5185 T_{\text{máx1}} + 2,2235 T_{\text{mín0}} + 1,4587 T_{\text{mín3}} - 0,3066 U_{\text{mín3}} + 0,2842 U_{\text{mín0}}$$

Em que: T<sub>máx1</sub> = Temperatura máxima na 1ª semana após a entrada na casa de vegetação; T<sub>mín0</sub> = Temperatura mínima na semana de entrada na casa de vegetação; T<sub>mín3</sub> = Temperatura mínima na 3ª semana após a entrada na casa de vegetação; U<sub>mín3</sub> = Umidade mínima na 3ª semana após a entrada na casa de vegetação; U<sub>mín0</sub> = Umidade mínima na semana de entrada na casa de vegetação.

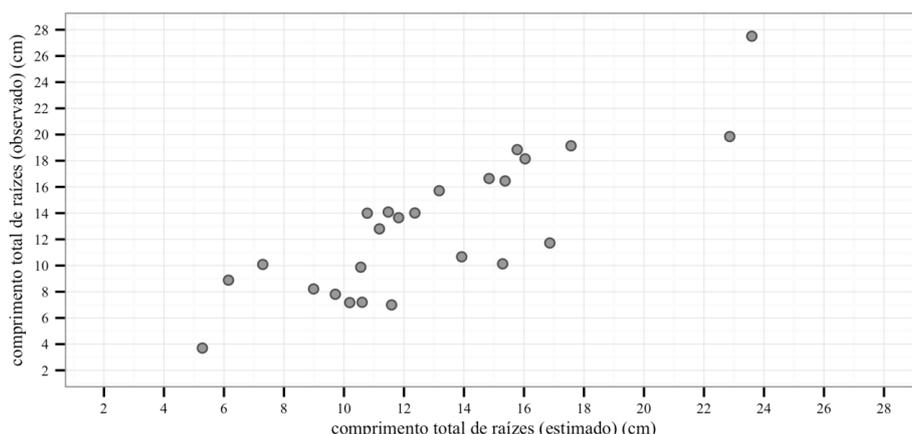


Figura 4.9 – Comprimento total de raízes estimado e observado segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de vegetação.

Assim como ocorreu para o comprimento da maior raiz, a variável de maior significância no modelo ajustado para o comprimento total de raízes foi a temperatura máxima da primeira semana (26,5 %), apresentando correlação positiva. Do mesmo modo, a temperatura mínima da semana de entrada e terceira semana também se correlacionaram positivamente (33,5 %). A umidade mínima apresentou correlação diferenciada entre as semanas, positiva na semana de entrada (3,4 %) e negativa na terceira semana (6 %) na casa de vegetação, assim como ocorreu para a sobrevivência (Tabela 4.7).

Tabela 4.7 – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para o comprimento total das raízes formadas por miniestaca de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de vegetação.

Variáveis	Coeficientes	Erro padrão	P-valor	R <sup>2</sup>
Intercepto	-107,7079	24,9542	0,000372***	-
T <sub>máx1</sub>	2,5185	0,6363	0,000843***	26,52
T <sub>mín0</sub>	2,2235	0,5202	0,000410***	19,93
T <sub>mín3</sub>	1,4587	0,4992	0,008750**	14,14
U <sub>mín3</sub>	-0,3066	0,1483	0,05636.	5,90
U <sub>mín0</sub>	0,2842	0,1938	0,158803	3,41

Em que: ‘\*\*\*’ = significativo a 0,1 % de probabilidade de erro; ‘\*\*’ = significativo a 1 % de probabilidade de erro; ‘\*’ = significativo a 5 % de probabilidade de erro; ‘.’ = significativo a 10 % de probabilidade de erro; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação; T<sub>máx1</sub> = Temperatura máxima na 1ª semana após a entrada na casa de vegetação; T<sub>mín0</sub> = Temperatura mínima na semana de entrada na casa de vegetação; T<sub>mín3</sub> = Temperatura mínima na 3ª semana após a entrada na casa de vegetação; U<sub>mín3</sub> = Umidade mínima na 3ª semana após a entrada na casa de vegetação; U<sub>mín0</sub> = Umidade mínima na semana de entrada na casa de vegetação.

### 3.3 – SOBREVIVÊNCIA DAS MINIESTACAS NA SAÍDA DA CASA DE SOMBRA

Verificou-se efeito significativo entre os clones, coletas e da sua interação ( $p < 0,001$ ) para a sobrevivência das miniestacas na saída da casa de sombra (SCS) (Tabela 4.8).

Tabela 4.8 – Resumo da análise de variância para a sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de sombra.

Causas da variação	GL	SCS (%) Quadrados médios
Coleta	40	5447,3***
Clone	2	9380,1***
Coleta x Clone	80	1329,6***
Resíduo	492	181,4
Média	-	61,93
CV <sub>EXP</sub>	-	42,83

Em que: \*\*\* = significativo a 0,1% de probabilidade de erro, pelo teste F; GL = graus de liberdade, CV<sub>exp.</sub> = coeficiente de variação experimental.

A partir da figura 4.10, que representa a frequência dos valores observados para cada clone, pode-se observar que o clone 1 apresentou a maior média de sobrevivência em casa de sombra (69 %), tendo o clone 2 e 3 demonstrado o mesmo resultado (58 %).

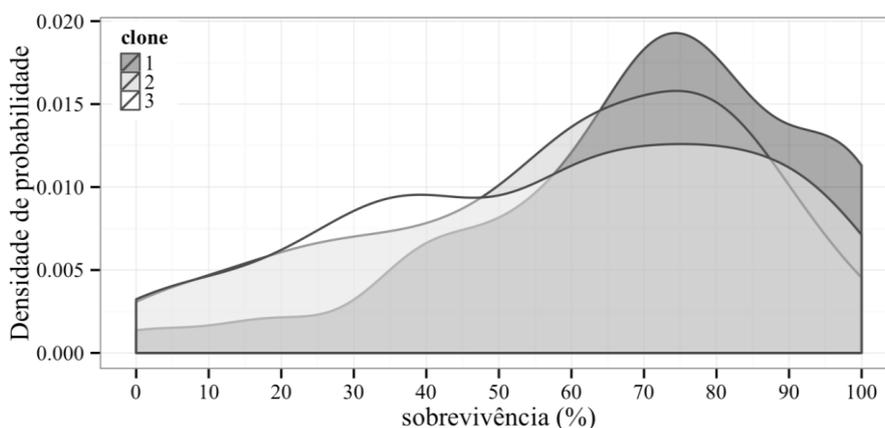


Figura 4.10 – Densidade de probabilidade em relação à sobrevivência de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de sombra.

As maiores sobrevivências em casa de sombra foram verificadas nas semanas iniciais, porém, na semana 11, o clone 2 e 3 apresentaram uma redução considerável na sobrevivência, seguido de aumento nas semanas seguintes, logo, na semana 18, todos os três clones apresentaram sua sobrevivência aproximada de 0 %. A partir da semana 19,

todos os clones aumentaram sua taxa de sobrevivência, tendo o clone 1 se sobressaído dos demais (Figura 4.11a).

A maior amplitude de umidade relativa em casa de sombra, com mínimas de 25 % e máximas próximas de 100 %, ocorreu entre as semanas 6 a 18 (Figura 4.11b), período no qual incidiram as menores taxas de sobrevivência de miniestacas.

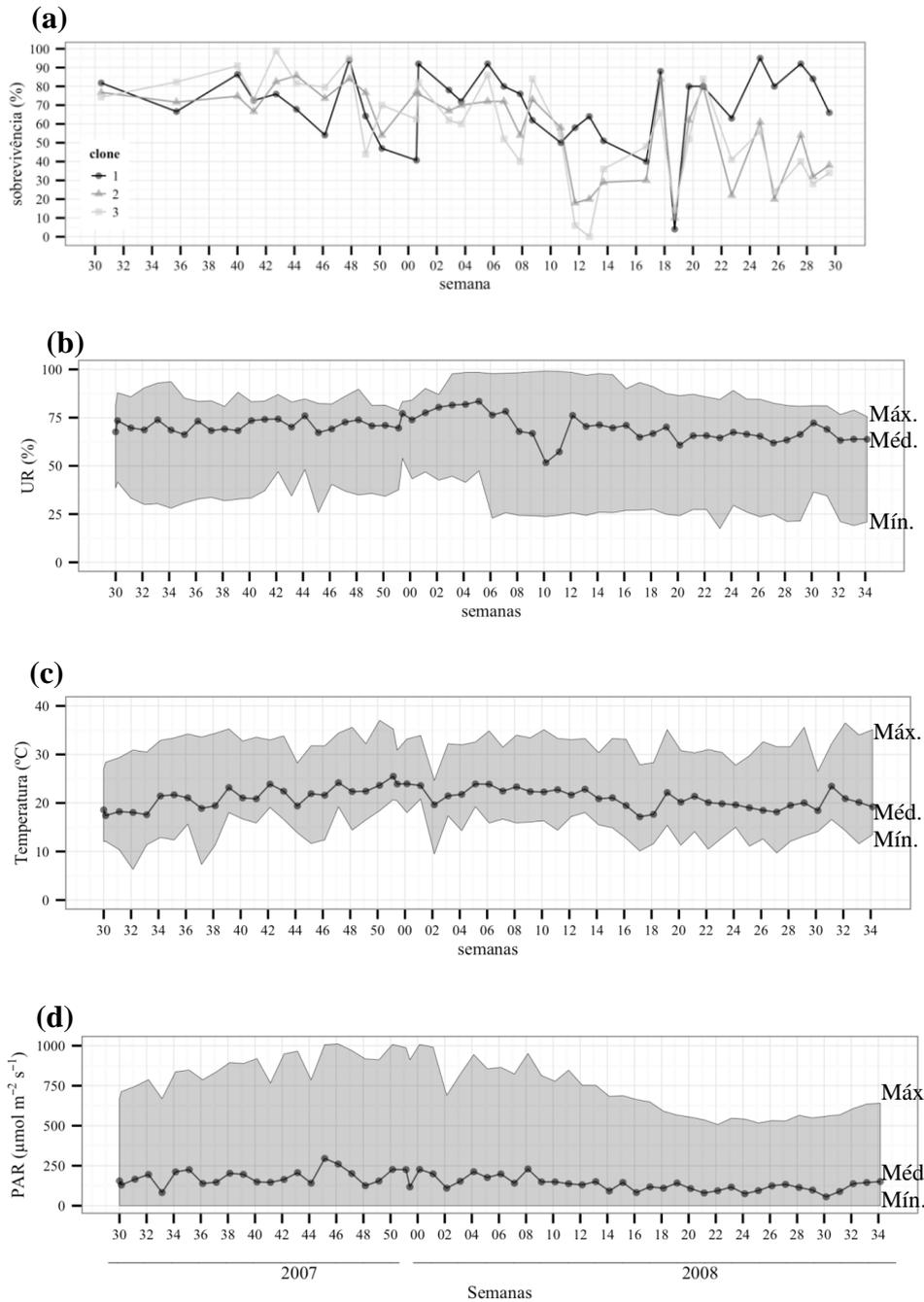


Figura 4.11 – (a) Sobrevivência das miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*; (b) Umidade relativa do ar (%); (c) Temperatura (°C) e (d) Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) máxima, média e mínima em função das diferentes semanas de entrada em casa de sombra.

A partir da inserção das variáveis climáticas semanais em casa de sombra que explicaram a variação total de sobrevivência (SCS) e que foram significativas ao nível de 5 % de probabilidade ajustou-se o modelo descritivo a seguir com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 58 % (Figura 4.12):

$$SCS = 139,80116 + 1,59648 U_{\text{mín}0} + 0,18027 PAR_{\text{méd}0} - 2,72293 \Delta T_{\text{méd}1} - 1,14482 U_{\text{méd}1} - 2,20936 T_{\text{méd}1}$$

Em que:  $U_{\text{mín}0}$  = Umidade mínima na semana de entrada das miniestacas na casa de sombra;  $PAR_{\text{méd}0}$  = Luz fotossinteticamente ativa média na semana de entrada das miniestacas na casa de sombra;  $\Delta T_{\text{méd}1}$  = Amplitude térmica da 1ª semana após a entrada na casa de sombra;  $U_{\text{méd}1}$  = Umidade média da 1ª semana após a entrada na casa de sombra;  $T_{\text{méd}1}$  = Temperatura média da 1ª semana após a entrada na casa de sombra.

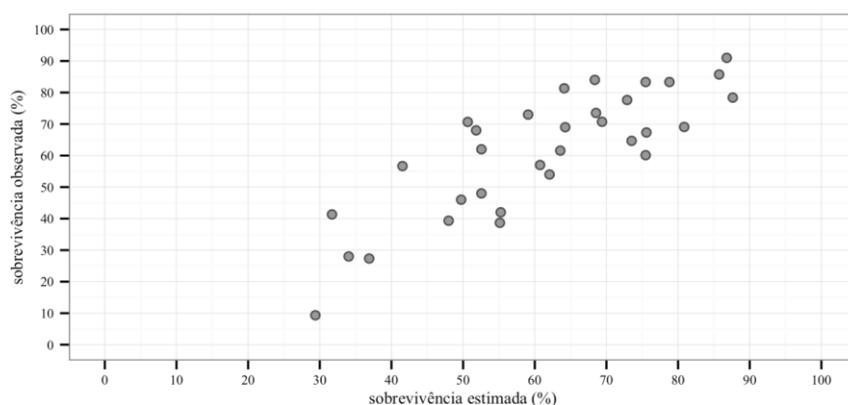


Figura 4.12 – Sobrevivência estimada e observada segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* em casa de sombra.

A umidade mínima da semana de entrada representou 28 % do modelo ajustado, com correlação positiva para a sobrevivência (Tabela 4.9). Esse resultado demonstra que a umidade relativa mínima mais elevada nesse ambiente, principalmente na semana de entrada das miniestacas favorece a sobrevivência. Os intervalos das maiores umidades mínimas observados no presente estudo, que justificaram sua correlação positiva foram de 36 % a 54 % (Tabela 4.10).

Tabela 4.9 – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para a sobrevivência das miniestacas de *Eucaptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da casa de sombra.

Variáveis	Coeficientes	Erro padrão	P-valor	R <sup>2</sup>
Intercepto	139,8012	47,6102	0,006865**	-
U <sub>mín0</sub>	1,5965	0,4112	0,000634***	27,71
PAR <sub>méd0</sub>	0,1803	0,0565	0,003708**	14,06
ΔT <sub>méd1</sub>	-2,7229	1,1401	0,02448*	5,86
U <sub>méd1</sub>	-1,14482	0,5820	0,0599.	6,67
T <sub>méd1</sub>	-2,20936	1,5751	0,1725	3,21

Em que: ‘\*\*\*’ = significativo a 0,1 % de probabilidade de erro, ‘\*\*’ = significativo a 1 % de probabilidade de erro; ‘\*’ = significativo a 5 % de probabilidade de erro; ‘.’ = significativo a 10 % de probabilidade de erro; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação; U<sub>mín0</sub> = Umidade mínima na semana de entrada das miniestacas na casa de sombra; PAR<sub>méd0</sub> = Luz fotossinteticamente ativa média na semana de entrada das miniestacas na casa de sombra; ΔT<sub>méd1</sub> = Amplitude térmica da 1ª semana após a entrada na casa de sombra; U<sub>méd1</sub> = Umidade média da 1ª semana após a entrada na casa de sombra; T<sub>méd1</sub> = Temperatura média da 1ª semana após a entrada na casa de sombra.

O modelo evidenciou também a correlação positiva (14 %) da PAR média da semana de entrada para a sobrevivência em casa de sombra (Tabela 4.9). Sugerindo que ao aumentar essa variável climática, a sobrevivência também aumentará. O intervalo da PAR média registradas no ambiente que beneficiou a sobrevivência foi entre 195 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> a 295 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (Tabela 4.10).

A amplitude térmica teve correlação negativa com a sobrevivência, explicando 6 % do modelo. O mesmo ocorreu com a umidade média e temperatura média da primeira semana, os quais explicaram 7 % e 3 % do modelo respectivamente (Tabela 4.9).

Tabela 4.10 – Estatísticas descritivas para as variáveis climáticas em casa de sombra.

	T <sub>máx</sub>	T <sub>mín</sub>	T <sub>méd</sub>	U <sub>máx</sub>	U <sub>mín</sub>	U <sub>méd</sub>	PAR <sub>máx</sub>	PAR <sub>méd</sub>	ΔT <sub>méd</sub>
Média	32,21	14,09	21,03	87,77	31,11	69,86	761,08	151,16	11,14
Coef. Var.	8,06	24,03	9,84	7,61	26,36	8,43	21,03	33,27	25,01
Mínimo	24,65	4,38	17,14	75,50	17,5	51,64	507,02	55,40	6,14
Máximo	37,03	20,70	25,50	99,15	53,95	83,47	1.011,01	295,24	18,54
Q1	30,85	11,85	19,44	82,80	24,66	66,35	621,15	116,84	9,17
Mediana	32,75	14,28	21,07	86,03	29,5	69,57	777,7	145,29	10,81
Q3	33,94	16,55	22,43	93,06	36,06	73,66	902,94	195,44	13,11

Em que: Coef. Var. = Coeficiente de variação; Q1 = primeiro quartil (25 %); Q3 = terceiro quartil (25 %); T<sub>máx</sub> = temperatura máxima; T<sub>mín</sub> = temperatura mínima; T<sub>méd</sub> = temperatura média; U<sub>máx</sub> = umidade máxima; U<sub>méd</sub> = umidade média; U<sub>mín</sub> = umidade mínima; ΔT<sub>méd</sub> = amplitude térmica.

### 3.4 – ENRAIZAMENTO DAS MINIESTACAS NA SAÍDA DA ÁREA A PLENO SOL

Verificou-se efeito significativo entre os clones, coletas e na sua interação ( $p < 0,001$ ) para o enraizamento das miniestacas na saída da área a pleno sol (EPS) (Tabela 4.11).

Tabela 4.11 – Resumo da análise de variância para o enraizamento das miniestacas de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* na saída da área a pleno sol (EPS).

Causas da variação	EPS (%)	
	GL	Quadrados médios
Coleta (Col)	40	4580,3***
Clone (Clo)	2	9973,1***
Col x Clo	80	1380,2***
Resíduo	492	180,3
Média	-	53,10
CV <sub>exp</sub>	-	48,20

Em que: \*\*\* = significativo a 0,1 % de probabilidade de erro, pelo teste F; GL = graus de liberdade, CV<sub>exp</sub> = coeficiente de variação experimental.

A superioridade do clone 1, quanto ao enraizamento na área a pleno sol pode ser observada através da figura 4.13, que representa os valores mais frequentes observados para cada clone. O clone 1 destacou-se com a grande parte dos valores acima de 70 %, tendo como média geral 61 % de enraizamento. Os clones 2 e 3 apresentaram valores abaixo de 60 % com grande frequência, ambos apresentaram o mesmo desempenho, média geral de 49 %.

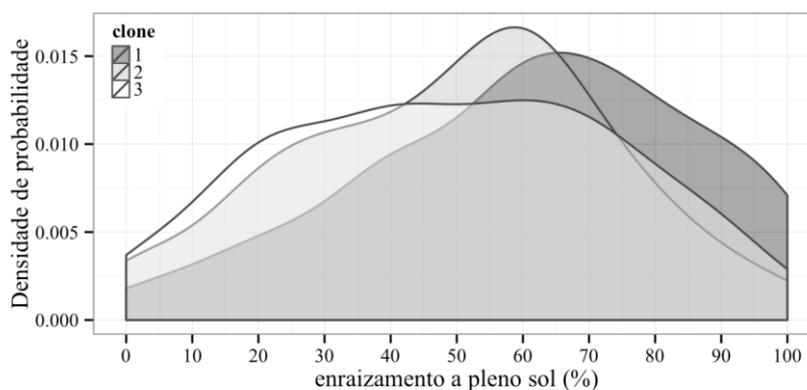


Figura 4.13 – Densidade de probabilidade em relação ao enraizamento das miniestacas de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* na saída da área a pleno sol.

O enraizamento a pleno sol em função das diferentes semanas de entrada nesse ambiente é representado pela figura 4.14a. Assim, como ocorreu para sobrevivência verificou-se que o enraizamento apresentou comportamento cíclico entre as diferentes semanas, com elevada porcentagem de sobrevivência seguida de queda. Na maioria das semanas, o clone 1 destacou-se com os maiores valores, com índices acima de 60 %, o mesmo também não apresentou valores abaixo de 30 % em nenhuma avaliação realizada. Na semana 13 de 2008 ocorreram as menores sobrevivências para os clones 2 e 3, com índices abaixo de 20 %. As variáveis climáticas nas diferentes semanas estão representadas pelas figuras 4.14b, c e d.

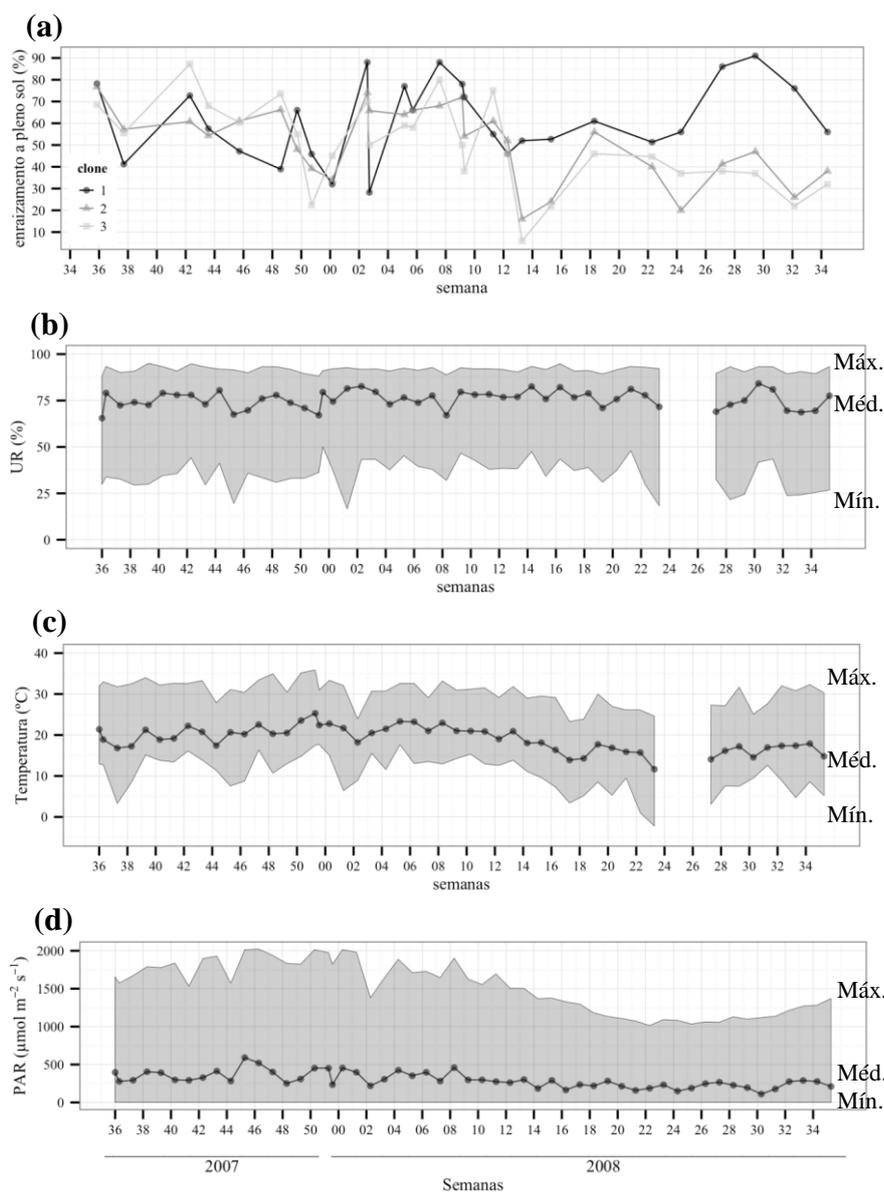


Figura 4.14 – (a) Enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*; (b) Umidade relativa do ar (%); (c) Temperatura (°C) e (d) Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) máxima, média e mínima em função das diferentes semanas na área a pleno sol. \*Semana 22 a 28: Intervalo sem dado climático (T e UR) devido falha do sensor medidor.

A partir da inserção das variáveis climáticas semanais na área a pleno sol que explicaram a variação total de enraizamento (EPS) e que foram significativas ao nível de 5 % de probabilidade ajustou-se o modelo descritivo a seguir com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 71,2 % (Figura 4.15):

$$\text{EPS} = -113,5878 - 1,8756 U_{\text{méd}3} - 1,6688 T_{\text{máx}0} + 4,8283 T_{\text{máx}2} - 3,4759 \Delta T_{\text{méd}2} - 1,8701 T_{\text{mín}2} + 3,3156 U_{\text{máx}0} - 2,0485 \Delta T_{\text{méd}3}$$

Em que:  $U_{\text{méd}3}$  = Umidade média da 3ª semana após a entrada na área a pleno sol;  $T_{\text{máx}0}$  = Temperatura máxima da semana de entrada na área a pleno sol;  $T_{\text{máx}2}$  = Temperatura máxima da segunda semana após a entrada na área a pleno sol;  $\Delta T_{\text{méd}2}$  = Amplitude térmica média da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol;  $T_{\text{mín}2}$  = Temperatura mínima da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol;  $U_{\text{máx}0}$  = Umidade máxima na semana de entrada na área a pleno sol;  $\Delta T_{\text{méd}2}$  = Amplitude térmica média da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol.

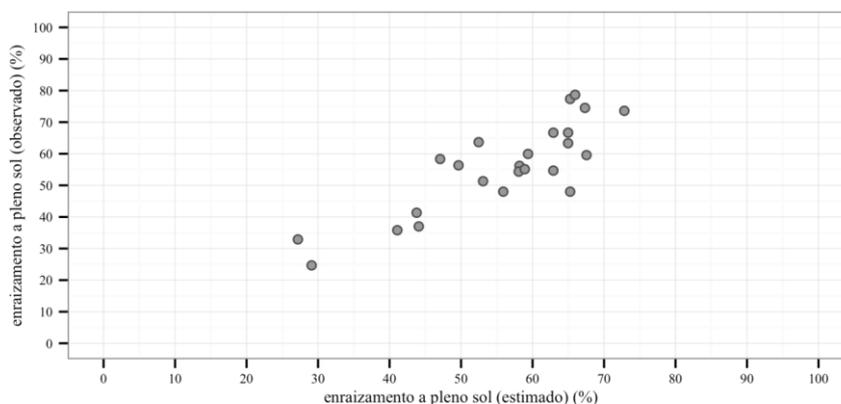


Figura 4.15 – Enraizamento estimado e observado segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da área a pleno sol.

A umidade foi representada no modelo por meio da correlação negativa da média da terceira semana (14,6 %) e positiva da máxima da semana de entrada (7,8 %) (Tabela 4.12). O comportamento positivo da umidade máxima da semana de entrada sobre o EPS pode ser justificado pela adaptação das miniestacas a etapa de rustificação em área a pleno sol. Assim, nas semanas seguintes o comportamento foi inverso, tendo o aumento da umidade relativa média (79 % a 84 %) não favorecendo ao enraizamento (Tabela 4.13).

Tabela 4.12 – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para o enraizamento das miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da área a pleno sol.

Variáveis	Coeficientes	Erro padrão	P-valor	R <sup>2</sup>
Intercepto	-113,5878	191,2642	0,5609	-
U <sub>méd3</sub>	-1,8756	0,8732	0,0474*	14,60
T <sub>máx0</sub>	-1,6688	0,7225	0,0346*	12,59
T <sub>máx2</sub>	4,8283	1,1694	0,0008***	12,52
ΔT <sub>méd2</sub>	-3,4759	1,1696	0,0090**	14,33
T <sub>mín2</sub>	-1,8701	0,7387	0,0222*	6,17
U <sub>máx0</sub>	3,3156	1,5642	0,0500.	7,96
ΔT <sub>méd3</sub>	-2,0485	1,5930	0,2168	2,98

Em que: ‘\*\*\*’ = significativo a 0,1 % de probabilidade de erro, ‘\*\*’ = significativo a 1 % de probabilidade de erro; ‘\*’ = significativo a 5 % de probabilidade de erro; ‘.’ = significativo a 10 % de probabilidade de erro; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação; U<sub>méd3</sub> = Umidade média da 3ª semana após a entrada na área a pleno sol; T<sub>máx0</sub> = Temperatura máxima da semana de entrada na área a pleno sol; T<sub>máx2</sub> = Temperatura máxima da segunda semana após a entrada na área a pleno sol; ΔT<sub>méd2</sub> = Amplitude térmica média da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol; T<sub>mín2</sub> = Temperatura mínima da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol; U<sub>máx0</sub> = Umidade máxima na semana de entrada na área a pleno sol; ΔT<sub>méd2</sub> = Amplitude térmica média da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol.

A temperatura contribuiu no modelo a partir das máximas, mínimas e amplitude térmica. A temperatura máxima da semana de entrada apresentou correlação negativa (12,6 %) com o enraizamento, contudo na segunda semana o comportamento mudou, e essa se correlacionou positivamente (12,5 %), tendo a temperatura mínima participação negativa (6,2 %). A amplitude térmica não foi favorável durante o enraizamento a pleno sol em nenhuma semana de participação (Tabela 4.12). Assim como foi observado para a umidade, as miniestacas recém-saídas da área de aclimação, não responderam bem a mudança climática, como o aumento da temperatura na área a pleno sol, até que se adaptem ao ambiente, fato determinado pela correlação positiva na segunda semana, porém sem resposta positiva a baixas temperaturas. Os valores de temperaturas máximas, mínimas e amplitudes registrados na área a pleno sol estão representados na tabela 4.13.

Tabela 4.13 – Estatísticas descritivas para as variáveis climáticas na área a pleno sol.

	PAR <sub>máx</sub>	PAR <sub>méd</sub>	T <sub>máx</sub>	T <sub>mín</sub>	T <sub>méd</sub>	U <sub>máx</sub>	U <sub>mín</sub>	U <sub>méd</sub>	ΔT <sub>méd</sub>
Média	1524,01	297,98	30,57	10,95	19,06	91,76	35,28	75,52	12,53
Coef. Var.	21,80	33,80	9,64	37,61	15,73	1,79	21,88	6,18	24,42
Mínimo	1014,04	110,80	23,3	1,00	11,66	88,20	16,60	65,49	6,71
Máximo	2022,02	590,49	35,90	17,70	25,30	95,05	49,95	84,18	21,67
Q1	1189,78	228,87	29,10	8,45	17,07	90,78	29,98	72,51	10,18
Mediana	1563,48	282,50	31,10	11,55	19,01	91,83	35,93	76,61	12,23
Q3	1822,04	381,88	32,60	13,85	21,13	93,20	41,20	78,95	13,89

Em que: Coef. Var. = Coeficiente de variação; Q1 = primeiro quartil (25 %); Q3 = terceiro quartil;  $T_{\text{máx}}$  = temperatura máxima;  $T_{\text{mín}}$  = temperatura mínima;  $T_{\text{méd}}$  = temperatura média;  $U_{\text{máx}}$  = umidade máxima;  $U_{\text{méd}}$  = umidade média;  $U_{\text{mín}}$  = umidade mínima;  $\Delta T_{\text{méd}}$  = amplitude térmica.

### 3.5 – COMPRIMENTO DA PARTE AÉREA E DIÂMETRO DO COLO DAS MUDAS RUSTIFICADAS A PLENO SOL

Verificou-se efeito significativo entre os clones, coletas e na sua interação ( $p < 0,001$ ) para o comprimento da parte aérea (CPA) e diâmetro do colo (DC) (Tabela 4.14).

Tabela 4.14 – Resumo da análise de variância para o comprimento da parte aérea (CPA) e diâmetro do colo (DC) de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii* na saída da área a pleno sol.

Causas da variação	CPA		DC
	GL	Quadrados médios	
Coleta (Col)	40	20,7850***	0,9652***
Clone (Clo)	2	28,7450***	1,0126***
Col x Clo	79	3,7481***	0,0331***
Resíduo	469	0,7768	0,0086
Média	-	6,71	1,00
CV <sub>exp</sub>	-	24,15	28,43

Em que: ‘\*\*\*’ = significativo a 0,1 % de probabilidade de erro teste F; GL = graus de liberdade, CV<sub>exp</sub> = coeficiente de variação experimental.

Diferente do observado para outras variáveis discutidas, para o comprimento da parte aérea o clone 1 teve o menor desempenho, com média de 6,3 cm de parte aérea, o clone 2 apresentou a maior média (7,0 cm), tendo o clone 3 comportamento semelhante ao clone 2, com média de 6,9 cm de parte aérea ( Figura 4.16a). Para o diâmetro do colo o clone 2 foi superior aos demais (1,05 mm), seguido do clone 1 (1,02 mm) e 2 (0,91 mm) (Figura 4.16b).

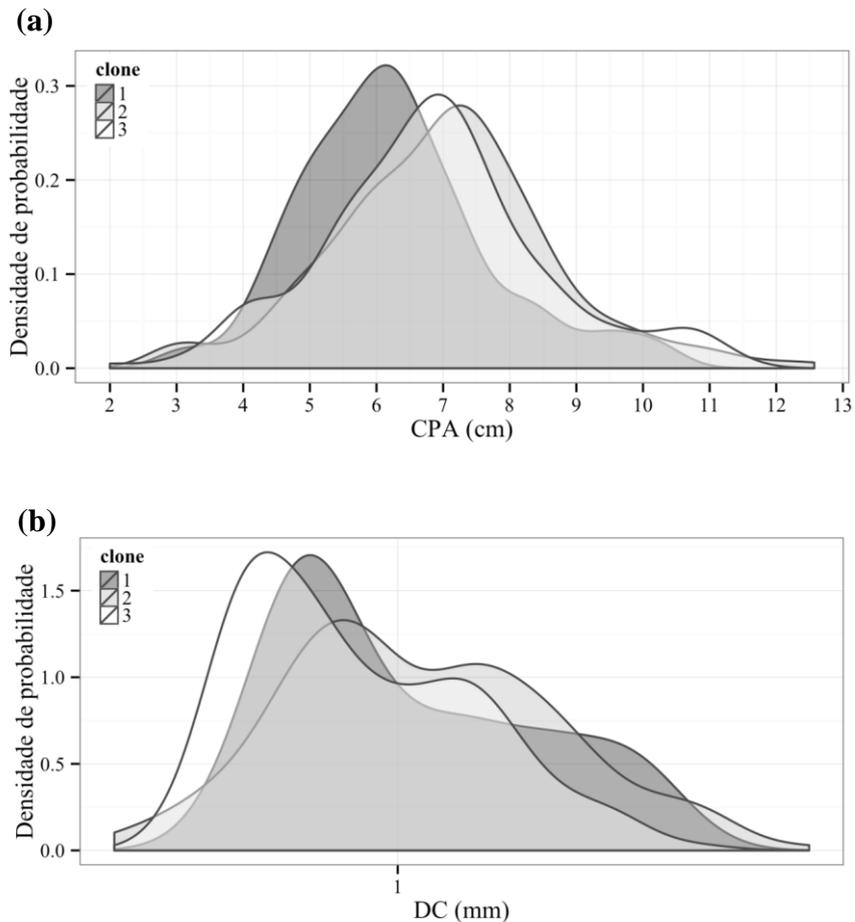


Figura 4.16 – Densidade de probabilidade em relação ao (a) comprimento da parte aérea (CPA) e (b) diâmetro do colo (DC) das miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da área a pleno sol.

Os três clones estudados apresentaram o mesmo comportamento para o comprimento da parte aérea nas diferentes semanas de entrada na área a pleno sol (Figura 4.17a). Entre as semanas 35 e 50 observa-se uma superioridade do clone 3 e 2, após, os três clones se intercalam entre os maiores valores apresentados porém seguindo a sempre a mesma tendência.

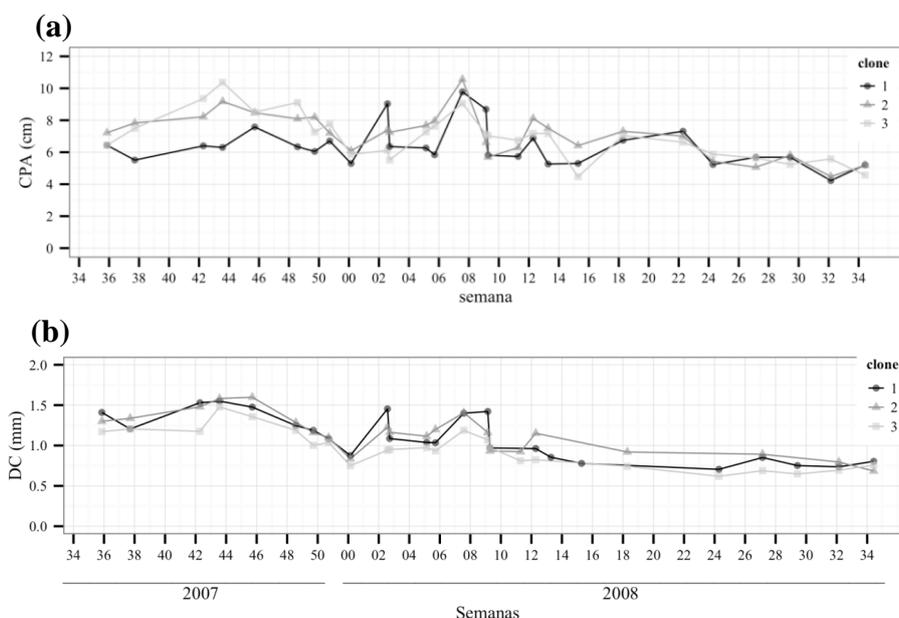


Figura 4.17 – (a) Comprimento da parte aérea e (b) Diâmetro do colo de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* em função das diferentes semanas de entrada na área a pleno sol.

Assim como observado para o comprimento da parte aérea, o diâmetro do colo das miniestacas dos três clones avaliados nas diferentes semanas de entrada na área a pleno sol apresentaram comportamento semelhante. Nas semanas iniciais os clones apresentaram as maiores médias de diâmetro, porém na semana 01 verificou-se uma queda para todos os clones avaliados. A partir da semana 12 de 2008 ocorreu uma estabilização do diâmetro para os três clones, tendo o clone 3 uma ligeira superioridade em relação aos demais clones (Figura 4.17b).

A partir da inserção das variáveis climáticas semanais da área a pleno sol que explicaram a variação total do comprimento da parte aérea (CPA) e que foram significativas ao nível de 5 % de probabilidade ajustou-se o modelo descritivo a seguir com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 67,0 % (Figura 4.18):

$$CPA = 15,1855 + 0,0030 PAR_{máx2} + 0,3400 U_{máx0} - 0,4253 U_{máx1} - 0,2662 T_{méd2}$$

Em que:  $PAR_{máx2}$  = Luz fotossinteticamente ativa da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol;  $U_{máx0}$  = Umidade máxima da semana de entrada na área a pleno sol;  $U_{máx1}$  = Umidade máxima da 1ª semana após a entrada na área a pleno sol;  $T_{méd2}$  = Temperatura média da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol.

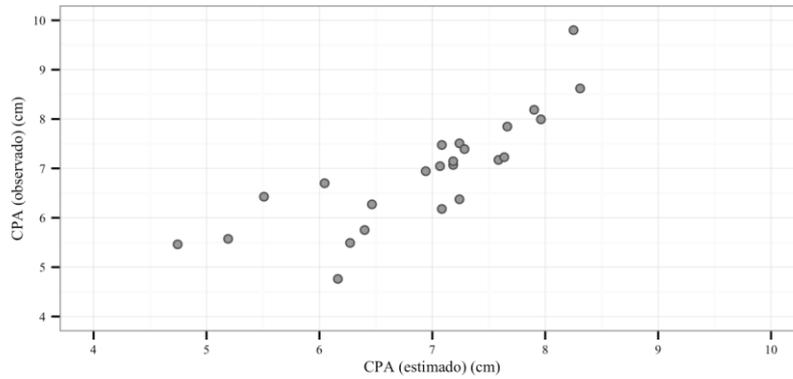


Figura 4.18 – Comprimento da parte aérea estimado e observado segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da área a pleno sol.

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi a variável climática de maior contribuição no ajuste do modelo e representou 34,7 %, correlacionando-se positivamente com o comprimento da parte aérea, isso significa que o aumento da PAR na área a pleno sol foi benéfico, não somente para a rustificação, mas também para o crescimento das mudas clonadas. O modelo também foi composto pela umidade máxima da semana de entrada (11,5 %) e primeira semana (12,9 %) na área a pleno sol, porém com comportamentos diferenciados, tendo a umidade da semana 0 correlação positiva e da semana 1 negativa (Tabela 4.15). Assim como ocorreu na sobrevivência, essa mudança de comportamento é justificada pela necessidade de adaptação ao ambiente a pleno sol. Foi observado também que o aumento da temperatura média na segunda semana na área a pleno sol apresentou correlação negativa (7,8 %) para o CPA (Tabela 4.15).

Tabela 4.15 – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para o comprimento da parte aérea das miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da área a pleno sol.

Variáveis	Coeficientes	Erro padrão	P-valor	R <sup>2</sup>
Intercepto	15,1855	14,1411	0,2963	-
PAR <sub>máx2</sub>	0,0030	0,0010	0,0057**	34,75
U <sub>máx0</sub>	0,3400	0,1079	0,0053**	11,47
U <sub>máx1</sub>	-0,4253	0,1231	0,0026**	12,93
T <sub>méd2</sub>	-0,2662	0,1254	0,0472*	7,83

Em que: ‘\*\*’ = significativo a 1 % de probabilidade de erro; ‘\*’ = significativo a 5 % de probabilidade de erro; ‘.’ = significativo a 10 % de probabilidade de erro; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação; PAR<sub>máx2</sub> = Luz fotossinteticamente ativa da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol; U<sub>máx0</sub> = Umidade máxima da semana de entrada na área a pleno sol; U<sub>máx1</sub> = Umidade máxima da 1ª semana após a entrada na área a pleno sol; T<sub>méd2</sub> = Temperatura média da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol.

A partir da inserção das variáveis climáticas semanais na área a pleno sol que explicaram a variação total do diâmetro do colo (DC) e que foram significativas ao nível de 10 % de probabilidade ajustou-se o modelo descritivo a seguir com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 89,1 % (Figura 4.19):

$$DC = -5,4534 + 0,0005 PAR_{máx2} - 0,0330 T_{mín3} + 0,0470 U_{máx2} - 0,0136 U_{mín1} + 0,0335 T_{mín1} + 0,0017 PAR_{méd2} - 0,0143 T_{máx0} + 0,0200 U_{méd2} + 0,0155\Delta T_{méd0}$$

Em que:  $PAR_{méd2}$  = Radiação fotossinteticamente ativa da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol;  $T_{mín3}$  = Temperatura mínima da 3ª semana após a entrada na área a pleno sol;  $U_{máx2}$  = Umidade máxima da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol;  $U_{mín1}$  = Umidade mínima da 1ª semana após a entrada na área a pleno sol;  $T_{mín1}$  = Temperatura mínima da 1ª semana após a entrada na área a pleno sol;  $PAR_{méd2}$  = Radiação fotossinteticamente ativa da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol;  $T_{máx0}$  = Temperatura máxima da semana de entrada na área a pleno sol;  $U_{méd2}$  = Umidade média da 2ª semana após a entrada da área a pleno sol;  $\Delta T_{méd0}$  = Amplitude térmica da semana de entrada na área a pleno sol.

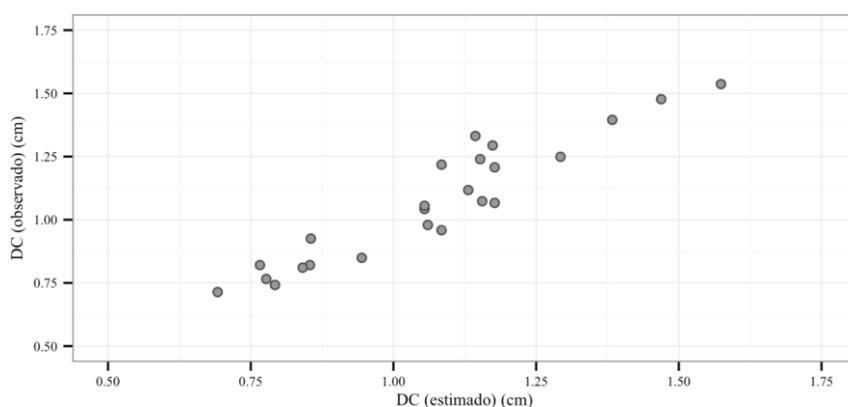


Figura 4.19 – Diâmetro do colo (DC) estimado e observado segundo o modelo de regressão linear múltiplo obtido para miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da área a pleno sol.

Assim como verificado para o comprimento da parte aérea, a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi a variável climática de maior contribuição para o diâmetro do colo (DC) máxima (61 %) e média (3,7 %), com correlação positiva. A temperatura mínima da terceira semana (7,4 %) teve correlação negativa com o DC, na primeira semana (3,2 %) a correlação foi positiva. As umidades máxima e média da segunda semana apresentaram correlação positiva e representaram 6,8 % do modelo, tendo a umidade mínima da primeira semana correlação negativa (4,6 %) (Tabela 4.16).

Tabela 4.16 – Coeficientes do modelo de regressão linear múltipla obtido para o diâmetro do colo das miniestacas de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* na saída da área a pleno sol.

Variáveis	Coeficientes	Erro padrão	P-valor	R <sup>2</sup>
Intercepto	-5,4534	1,7079	0,0065**	-
PAR <sub>máx2</sub>	0,0005	0,0003	0,0653.	60,92
T <sub>mín3</sub>	-0,0330	0,0109	0,0090**	7,42
U <sub>máx2</sub>	0,0470	0,0208	0,0402*	5,67
U <sub>mín1</sub>	-0,0136	0,0046	0,0106*	4,60
T <sub>mín1</sub>	0,0335	0,0136	0,0280*	3,25
PAR <sub>méd2</sub>	0,0017	0,0008	0,0509.	3,70
T <sub>máx0</sub>	-0,0143	0,0088	0,1269	1,42
U <sub>méd2</sub>	0,0200	0,0126	0,1343	1,10
$\Delta T_{méd0}$	0,0155	0,0133	0,2631	1,05

Em que: ‘\*\*\*’ = significativo a 0,1 % de probabilidade de erro, ‘\*\*’ = significativo a 1 % de probabilidade de erro; ‘\*’ = significativo a 5 % de probabilidade de erro; ‘.’ = significativo a 10 % de probabilidade de erro; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinação; PAR<sub>méd2</sub> = Luz fotossinteticamente ativa da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol; T<sub>mín3</sub> = Temperatura mínima da 3ª semana após a entrada na área a pleno sol; U<sub>máx2</sub> = Umidade máxima da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol; U<sub>mín1</sub> = Umidade mínima da 1ª semana após a entrada na área a pleno sol; T<sub>mín1</sub> = Temperatura mínima da 1ª semana após a entrada na área a pleno sol; PAR<sub>méd2</sub> = Luz fotossinteticamente ativa da 2ª semana após a entrada na área a pleno sol; T<sub>máx0</sub> = Temperatura máxima da semana de entrada na área a pleno sol; U<sub>méd2</sub> = Umidade média da 2ª semana após a entrada da área a pleno sol;  $\Delta T_{méd0}$  = Amplitude térmica da semana de entrada na área a pleno sol.

#### 4. DISCUSSÃO

Mesmo apresentando diferença de comportamento entre clones, a média de sobrevivência em casa de vegetação (71%) condiz aos valores relatados por Brondani et al. (2010a) e Kratz et al., (2012) estudando outros clones do mesmo híbrido, os quais constataram uma sobrevivência média de 67 % e 58 % respectivamente, sendo inferior a sobrevivência em casa de vegetação (94 %) encontrada no estudo de Brondani et al. (2010b). Para a sobrevivência em casa de sombra (62%) e enraizamento na área a pleno sol (53 %) o presente estudo demonstrou um desempenho superior ao encontrado por Brondani et al. (2010a) (28,5 % e 22,7 %), Brondani et al. (2010b) (41,9 % e 34,5 %) e Kratz et al. (2012) (41,9 % e 39,7 %).

Quanto a influência das variáveis climáticas no processo de miniestaquia, destaca-se a importância da água, uma vez que a sua deficiência ou excesso podem conduzir ao insucesso do enraizamento e, até mesmo, ao dessecamento e morte das estacas (CHALFUN, 1989). A literatura recomenda uma taxa de umidade acima de 80% (ZUFFELLATO-RIBAS e RODRIGUES, 2001a; XAVIER et al., 2009) em casa de vegetação, porém não se sabe qual o limite antes da saturação do ar que inibe o processo de

enraizamento. Segundo Xavier et al. (2009) o excesso de umidade é prejudicial por dificultar as trocas gasosas, propiciar o desenvolvimento de doenças, impedir o enraizamento e provocar a morte dos tecidos.

O modelo da SCV mostrou que o aumento da umidade média ocasionou uma queda da sobrevivência das miniestacas, assim, os valores máximos das umidades médias entre 85% a 87% (Tabela 3.3) registrados em casa de vegetação podem ter contribuído para as baixas taxas de sobrevivência do híbrido *E. benthamii* x *E. dunnii*. Cunha et al. (2009) verificaram que a redução da umidade relativa do ar favoreceu o enraizamento para a maioria dos clones de *Eucalyptus* estudados naquele trabalho.

Porém, ao mesmo tempo, o modelo SCV relatou que as umidades mínimas da primeira e segunda semana tiveram correlações positivas, portanto, devem ser suficientes para evitar o dessecamento e morte das estacas, média de 73 % a 83 % (Tabela 3.3) de acordo com os valores máximos registrados para as umidades mínimas. Considerando que as miniestacas do híbrido *E. benthamii* x *E. dunnii* demoram entre 35 a 42 dias (BRONDANI et al., 2012b) para formarem raízes, nas semanas iniciais a nebulização mantém a umidade em volta das folhas, reduzindo a pressão de vapor das mesmas, bem como a temperatura e a taxa de transpiração, mantendo desta forma, as folhas funcionais por longo período de tempo até que as raízes sejam formadas (HARTMANN et a., 2011).

Outra importância dada à umidade adequada diz respeito a formação de raízes adventícias, a qual envolve o crescimento e a síntese de novos compostos, que, por sua vez, são diretamente influenciados pelo estresse hídrico. Dessa forma, a pressão de turgor é essencial para promover a força necessária à expansão celular, facilitando a emergência e expansão das novas raízes dos propágulos (XAVIER et al., 2009).

O enraizamento pode ser dividido em quatro fases: predisposição, indução, emissão e crescimento de raízes (KEVERS et al., 1997). Segundo Alfenas et al. (2009) a necessidade de água difere e decresce em cada fase do processo, comportamento verificado no presente estudo, com correlações positivas nas primeiras semanas e negativas nas semanas seguintes. Entretanto, é comum fornecer o mesmo tipo de manejo de irrigação em todas as fases, principalmente pelo fato de todas ocorrerem em um mesmo ambiente de casa de vegetação. Por isso, a partir dos valores de maior representatividade do modelo, aconselha-se a manter um intervalo de umidades mínimas entre 73 % a 82 % e médias de 81 % a 84 % (Tabela 3.3) para a casa de vegetação visando maior sobrevivência e qualidade radicial de *E. benthamii* x *E. dunnii*.

Foi observada correlação da temperatura mínima e máxima no desenvolvimento radicial, sendo elas positivas em todas as semanas do desenvolvimento, exceto nas últimas semanas na área a pleno sol. Porém, a amplitude térmica foi correlacionada negativamente em todas as semanas e em todos os ambientes na qual compunha o modelo, demonstrando a sensibilidade das miniestacas a oscilações acentuadas na temperatura. Embora sejam variáveis as exigências climáticas das diferentes espécies, Hartmann et al. (2011) recomendam que as temperaturas do leito de enraizamento variem de 21 a 27 °C durante o dia, e ao redor de 15 °C durante a noite para a maioria das espécies florestais.

Porém, existe um valor de energia mínima que aciona os mecanismos metabólicos das plantas denominado de temperatura base inferior, em que apenas estados energéticos acima deste limite são propícios ao crescimento e ao desenvolvimento dos vegetais (OMETTO, 1981). Não existem estudos que definam o valor de energia mínima para as espécies que compõem o híbrido avaliado, cotudo para *E. saligna* a temperatura basal inferior é de 8 °C e para *E. grandis* de 10 °C (MARTINS et al., 2007)

Os maiores valores registrados em casa de vegetação de temperaturas mínimas, os quais refletiram no melhor desenvolvimento radicial foram de 15 °C a 18 °C (Tabela 3.2). Na área a pleno sol o intervalo dos maiores valores das temperaturas mínimas que contribuíram na correlação positiva da variável foram de 14 °C a 18 °C (Tabela 3.13). O conhecimento desse intervalo é de grande utilidade, pois temperaturas mínimas diminuem o metabolismo dos propágulos, levando a um maior tempo para o enraizamento e desenvolvimento da muda clonal, ou, até mesmo, não proporcionam condições adequadas para a indução, desenvolvimento e crescimento radicial (XAVIER et al., 2009). De acordo com McClung (2001) o aumento da temperatura dentro de intervalos específicos para cada espécie contribui na absorção de auxina exógena, otimizando o processo de enraizamento. Em termos de comprimento de raízes, o crescimento tende a aumentar com o incremento na temperatura do substrato até que a temperatura ótima seja alcançada, com um decréscimo ocorrendo conforme a temperatura seja superior da recomendada (SEILER, 1998).

Segundo Oliveira et al. (2012), para o enraizamento das estacas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* foram necessários 316,42 graus-dia acumulados, o que correspondeu a aproximadamente 30 dias com temperatura média diária do ar no interior da casa de vegetação variando de 15,9 a 23,2 °C. No presente estudo, o tempo de permanência das miniestacas em casa de vegetação foi, em média, 36 dias, com temperaturas médias variando de 16 °C a 25 °C (Tabela 3.3).

Para CORRÊA e FETT-NETO (2004), em regiões de clima subtropical, além do metabolismo, a temperatura pode influenciar na absorção de nutrientes, principalmente o cálcio. Assis (1997) observou que a porcentagem de enraizamento de miniestacas diminuiu em baixas temperaturas e destacou que, em geral, nas zonas de clima frio se a luz e temperatura forem controladas adequadamente, a utilização do espaço da estufa pode ser otimizada, aumentando a porcentagem de sobrevivência e enraizamento das miniestacas.

A correlação da temperatura no processo de clonagem pode variar entre espécies, clones e dentro da mesma espécie. Para Cooper e Graça (1987), Guimarães (1994) e Trueman et al. (2013a) o aumento da temperatura favoreceu o enraizamento de *Eucalyptus dunnii*, porém, na miniestaquia da mesma espécie, Rosa et al. (2009) observaram menor sobrevivência em decorrência das variações das temperaturas elevadas nos meses mais quentes do ano.

Contrário aos resultados encontrados no presente estudo, Brondani et al. (2010a) ao estudarem clones do mesmo híbrido constataram que a elevação das temperaturas, durante a primavera e o verão, ocasionaram os piores índices de enraizamento, o mesmo ocorreu para o *Eucalyptus benthamii*, o qual teve seu enraizamento reduzido com o aumento da temperatura, porém sem influenciar na qualidade do sistema radicial (BRONDANI et al., 2014). Cunha et al. (2009) também verificaram que o aumento da temperatura diminuiu o enraizamento de clones e híbridos de *E. grandis* e *E. urophylla*. No entanto, Trueman et al. (2013b) ao avaliarem a influência de diferentes temperaturas no minijardim clonal de *Eucalyptus cloeziana*, espécie subtropical como do presente estudo, verificaram que o aumento da temperatura, aumentou significativamente a porcentagem de miniestacas enraizadas. O mesmo comportamento positivo do aumento da temperatura foi observado por Souza et al. (2013) no enraizamento e crescimento das miniestacas de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*.

Corrêa e Fett- Neto (2004) verificaram comportamentos diferenciados em relação a temperatura no enraizamento de microestacas de *E. globulus* e *E. saligna*, sendo que o *E. saligna* foi favorecido pelas temperaturas mais reduzidas (25 °C) e o *E. saligna* pelas temperaturas mais elevadas (30 °C), porém o crescimento das raízes do último foi fortemente inibido nas temperaturas baixas (15 °C). Os autores salientam que ambas as espécies têm origem na Oceania, mas em diferentes partes do continente, caracterizados por diferentes habitats e climas, por isso as temperaturas ótimas variam entre as espécies, sendo maior para espécies tropicais e menores para espécies de clima temperado.

A literatura aborda a influência da luz principalmente no minijardim clonal para produção de brotações e enraizamento na casa de vegetação (BORGES, 1978; ASSIS et al., 1990; TORRES, 2003; SCARASSATI; GUERRINI, 2003; BRONDANI et al., 2010a; 2012a; CUNHA et al., 2009), porém, o estudo mostrou efeito positivo da PAR na etapa de rustificação na área a pleno sol para o comprimento da parte aérea e diâmetro do colo. Assim como em outra etapa do desenvolvimento, sua importância é dada pelo fato de que ela é a principal responsável por ativar o processo de fotossíntese (THOMPSON, 1992; GALVANI, 2009). Hartmann et al. (2011) destacam que em condições de elevada luminosidade ocorre maior síntese de citocinina, principal hormônio relacionado ao crescimento da parte aérea. Assim, a partir das máximas PAR registradas na área a pleno sol sugere-se intervalos de 1822  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  a 2022  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Tabela 3.13) como faixas mais favoráveis para o desenvolvimento da muda clonal de *E. benthamii* x *E. dunnii*.

## 5. CONCLUSÕES

As oscilações semanais das variáveis climáticas influenciaram a sobrevivência e enraizamento das miniestacas de *E. benthamii* x *E. dunnii*. Para a sobrevivência em casa de vegetação e casa de sombra a principal variável climática que influenciou o desenvolvimento foi a umidade média e mínima, tendo a temperatura máxima e mínima a maior participação para desenvolvimento radicial. Em área a pleno sol a temperatura máxima, umidade média e radiação fotossinteticamente ativa máxima tiveram grande influência no desenvolvimento final da muda clonal.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

Para cada ambiente e fase de desenvolvimento verificou-se uma dependência diferenciada das condições climáticas semanais. Sabendo que nesses ambientes ocorrem várias fases de desenvolvimento simultaneamente, com necessidades diferenciadas para cada uma, é impraticável e inviável economicamente estabelecer diferentes manejos para cada período de desenvolvimento, a partir disso, recomenda-se que o controle principal deve ocorrer primeiramente na variável climática de maior influência nas semanas de desenvolvimento da muda clonal para cada etapa do processo de ministaquia, visando dessa forma otimizar o espaço e estabelecer um ambiente o mais próximo do ideal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 500p.
- ALMEIDA, A. C.; LANDESBURG, J. J.; SANDS, P. J. Parameterisation of 3-PG model for fast-growing *Eucalyptus grandis* plantations. **Forest Ecology and Management**, Netherlands, v.193, p.179- 195, 2004.
- ALMEIDA, F. D. XAVIER, A.; DIAS, J. M. M.; PAIVA, H. N. 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, 2007.
- ASSIS, T. F.; BAUER, J. F. S.; ROSA, O. P. Efeito da redução da luz em jardins clonais sobre o enraizamento de estacas de *E. urophylla* x *E. grandis*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5, 1990. Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, 1990. p.454-5.
- ASSIS, T. F. Propagação vegetativa de *Eucalyptus* por microestaquia. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA, 1997. p. 300-304.
- ASSIS, T. F. Evolution of technology for cloning *Eucalyptus* in large scale. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL IUFRO, 2001, Valdivia. **Anais...** Valdivia, 2001. 16p.
- ASSIS, T. F.; FETT-NETO, A. G; ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on *Eucalyptus*. In: WALTER, C.; CARSON, M. Plantation forest biotechnology for the 21st century. **Research Signpost**, Kerala, p. 303-333, 2004.
- ASSIS, T. F. de; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.) **Biotecnologia florestal**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2007. p. 93-121.
- BATTAGLIA, M.; BEADLE, C.; LOUGHHEAD. Photosynthetic temperature responses of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens*. **Tree Physiology**, Oxford, n. 16, p. 81-89, 1996.
- BENIN, C. C.; PERES, F. S. B.; GARCIA, F. A. O. Enraizamento de miniestacas apicais, intermediárias e basais em clones de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2013.

- BENSON, J. S.; HAGER, T. C. The distribution, abundance and habitat of *Eucalyptus dunnii* (Myrtaceae) (Dunn's White Gum) in New South Wales. **Cunninghamia**, Sydney, v. 3, n. 1, p. 123-145, 1993.
- BERTOLOTI, G.; GONÇALVES, A. N. Enraizamento de estacas: especificações técnicas para a construção do modulo de propagação. Piracicaba: IEF – LCF/ESALQ/USP, 1980. 9p. (**Circular Técnica IPEF, 94**).
- BILLARD, C. E.; LALLANA, V. H. Multiplicación in vitro de *Eucalyptus dunnii*. **Ciência, Docencia y Tecnologia**, Concepción del Uruguay, v. 16, n. 30, p. 199-216, 2005.
- BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**. Melbourne: Nelson/CSIRO, 1984.
- BORGES, E. E. L. **Enraizamento de estacas de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis***. 1978. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1978.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; ARAUJO, M. A. de; PIRES, P. P. 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.; WENDLING, I.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F. Propagação vegetativa de *E. benthamii* x *E. dunnii* por miniestaquia. Colombo: Embrapa Florestas, 2009a. 42 p. (**Embrapa Florestas. Documentos, 183**).
- BRONDANI, G. E.; DUTRA, L. F.; GROSSI, F.; WENDLING, I.; HORNIG, J. Estabelecimento, multiplicação e alongamento in vitro de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n.1, p.11-19, 2009b.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. A. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*: (II) Sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.3, p.453-465, jul.-set. 2010a.

- BRONDANI, G. E.; GROSSI, F.; WENDLING, I. DUTRA, L. F.; ARAÚJO, M. A. Aplicação de IBA para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 667-674, 2010b.
- BRONDANI, G. E.; DUTRA, L. F.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; HANSEL, F. A.; ARAUJO, M. A. Micropropagation of an *Eucalyptus* hybrid ( *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*). **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 33, n. 4, p. 655-663, 2011.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; GROSSI, F. DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. A. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*: (I) Sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n.1, o. 11-21, jan.-mar., 2012a.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; BRONDANI, A. E.; ARAUJO, M. A.; SILVA, A. L. L. da; GONÇALVES, A. N. Dynamics of adventitious rooting in mini-cuttings of *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 2, p. 169-178, Apr.-June, 2012b.
- BRONDANI, G. E.; HOFFMANN, J. M. E.; GONÇALVES, A. N.; ALMEIDA, M de. Determinação do teor de carboidratos em minicepas de *Eucalyptus benthamii*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v. 3, n. 1, p. 51-60, 2012c.
- BRONDANI, G. E.; BACCARIN, F. J. B.; BERGONCI, T.; GONÇALVES, A. N.; ALMEIDA, M. de. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii*: Efeito do genótipo, AIB, zinco, boro e coletas de brotações. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p.147-156, 2014.
- BUTCHER, P. A.; SKINNER, A. K.; GARDINER, C. A. Increased inbreeding and inter-species gene flow in remnant populations of the rare *Eucalyptus benthamii*. **Conservation Genetics**, Netherlands, v. 6, n. 2, p. 213-226, 2005.
- CHALFUN, N. N. J. **Fatores bioquímicos e fisiológicos no enraizamento de estacas de *Hibiscus rosa-sinensis* L.** 85f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.
- COOPER, M. A.; GRAÇA, M. E. Perspectivas para a maximização de enraizamento de estacas de *Eucalyptus dunnii* MAID. Colombo: Embrapa Florestas, 1987. 12 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 12).

- CORRÊA, L. R.; FETT-NETO, A. G. Effects of temperature on adventitious root development in microcuttings of *Eucalyptus saligna* Smith and *Eucalyptus globulus* Labill. **Journal of Thermal Biology**, United Kingdom, v.29, p.315-324, 2004.
- CUNHA, A. C. M. C. M. da. **Relações do estado nutricional de minicepas e condições meteorológicas com o número e o enraizamento de miniestacas de eucalipto**. 2006. 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- CUNHA, A. C. M. C. M. da.; WENDLING, I.; SOUZA JÚNIOR, L. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em sistema de hidroponia e em tubete. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 307-310, 2005.
- CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F. de.; LEITE, F. P. Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.2, p.195-203, 2009.
- DIAS, P. C.; OLIVEIRA, L. S.; XAVIER, A.; WENDLING, I. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 72, p. 453-462, 2012.
- FERREIRA, G. W.; GONZAGA, J. V.; FOELKEL, C. E. B.; ASSIS, T. F.; RATNIEK, E. SILVA, M. C. M. Qualidade da celulose kraft-antraquinona de *Eucalyptus dunnii* Maiden plantado em cinco espaçamentos em relação ao *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus saligna*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 41-63, 1997.
- FERREIRA, M.; SANTOS, P.E.T. Melhoramento genético florestal dos *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas. In: IUFRO CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF *EUCALYPTUS*, Salvador, 1997. **Proceedings**. Colombo: Embrapa/CNPF, v.1, p.14-34, 1997.
- FOELKEL, C. As plantações de florestas no Brasil. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2007. p. 13-24.
- GALVANI, E. Avaliação da radiação solar fotossinteticamente ativa (PAR) em São Paulo, SP. **GEOUSP, Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 25, 2009.
- GATES, D.M. **Biophysical ecology**. New York: Springer-Verlag, 1980. 611p.

- GRAÇA, M. E. C.; SHIMIZU, J. Y.; TAVARES, F. R. Capacidade de rebrota e de enraizamento de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 135-138, jul./dez. 1999.
- GUIMARÃES, H. S. Clonagem na Rigeza. Reunião sobre clonagem intensiva em *Eucalyptus*. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - **IPEF**, Piracicaba, p. 70-73, 1994.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T., Jr.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 8<sup>th</sup> ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915 p.
- HIGA, R. C. V.; PEREIRA, J. C. D. Usos potenciais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage. Colombo: Embrapa Florestas - CNPF, 2003. 4 p. (**Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 100**).
- HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. de A.; GONCALVES, A. N. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e a sua evolução no Brasil. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - **IPEF. Circular Técnica**, Piracicaba, n. 192. p. 1-11, out. 2000.
- HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A. GONÇALVES, A. N. Nutrição e adubação em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - **IPEF. Circular Técnica**, Piracicaba, n. 194, 22p, jan. 2002.
- INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). IBÁ 2014 ano base 2013. Brasília: **IBÁ**, 2014. 100 p.
- IKEMORI, Y. K. Resultados preliminares sobre enraizamento de estacas de *Eucalyptus* spp. **Informativo Técnico Aracruz**, Aracruz, v.1. 12p, 1975.
- JOHNSON, I. G.; STANTON, R. R. **Thirty years of eucalypt species and provenance trials in New South Wales**: survival and growth in trials established from 1961 to 1990. Sydney: Forestry Commission of New South Wales, 1993. 92p.
- KEVERS, C.; HAUSMAN, J. F.; FAIVRE-RAMPANT, O., EVERS, D.; GASPAR, T. Hormonal control of adventitious rooting: progress and questions. **Angewandte Botanik**, Berlin-Dahlem, v. 71, p. 71-79, 1997.
- KRATZ, D.; WENDLING, I.; PIRES, P. P. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* em substratos a base de casca de arroz carbonizada. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 547-556, dez. 2012.

- LIMA, A. M. N.; NEVES, J. C. L.; SILVA, I. R. LEITE, F. P. Cinética de absorção e eficiência nutricional de K, Ca e Mg em plantas jovens de quatro clones de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 903-909, 2005.
- LIMA, C. K. P.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; CARNEIRO, A. C. O. Características anatômicas e química da madeira de clones de *Eucalyptus* e sua influência na colagem. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 123-129, 2007.
- MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; ZARPELON, T. G.; SIQUEIRA, L. Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto tratados com rizobactérias selecionadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 843-851, 2005.
- MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; LEITE, F. P.; SOUZA, F. L. de. Variáveis climáticas associadas à incidência de Mofo-cinza em Eucalipto. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, n.2, p.152-157, mar.-abr. 2006.
- MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S.; ASSIS, F. N. de; MENDEZ, M. E. G. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200-201, p 15-23, set.-dez.1999.
- MARTINS, F. B. SILVA, J. C.; STRECK, N. A. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de eucalipto na fase de muda. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, n.3, p.373-381, 2007.
- MC CLUNG, C. R. M. Circadian rhythms in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 52, p. 139-162, 2001.
- OLIVEIRA, A. S. de.; STEIDLE NETO, A. J.; RIBEIRO, A.; RASCON, N JR. L.; RODY, Y. P.; ALMEIDA, A. Q. de. Determinação do tempo térmico para o desenvolvimento de mudas de eucalipto na fase de enraizamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n.11, p. 1223-1228, 2012.
- OLIVEIRA-CAUDURO, Y de.; ADAMUCHIO, L. G.; DEGENHARDT-GOLDBACH, J.; BESPALHOK FILHO, J. C.; DIBAX, R.; QUOIRIN, M. Organogênese indireta a partir de explantes foliares e multiplicação *in vitro* de brotações de *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n.2, p. 347-355, abr-jun, 2014.

- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. 1.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440p.
- PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos; FERREIRA, C. A. Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 45 p. (**Embrapa Florestas. Documentos, 129**).
- PEREIRA, J. C. D.; HIGA, A. R.; SHIMIZU, J. Y.; HIGA, R. C. Comparação da qualidade da madeira de três procedências de *Eucalyptus dunnii* Maiden, para fins energéticos. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 13, p. 9-16, dez. 1986.
- PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y.; Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113 p. (**Embrapa Florestas. Documentos, 38**).
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia, fundamentos e aplicações práticas**. 1. ed. Guaíba : Livraria e Editora Agropecuária. 2002. 478 p.
- PEREYRA, O. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus dunnii* na manufatura de painéis compensados**. 1994. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.
- PINTO, S. I. C.; FURTINI NETO, A. E.; NEVES, J. C. L.; FAQUIN, V.; MORETTI, B. S. Eficiência nutricional de clones de eucalipto na fase de mudas cultivadas em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.35, p. 523-533, 2011.
- PRYOR, L. D. **Biology of *Eucalypts***. London: Edward Arnold, 1976. 82 p. (The Institute of Biology's, Studies in Biology, 61).
- R development core team (2014) R: A Language and environment for statistical computing. Vienna, **R Foundation for Statistical Computing**.
- REIS, G. G. dos.; REIS, M. G. F. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - **IPEF. Série Técnica**, Piracicaba, v.11, n. 30, p. 9-22, mai. 1997.

- ROBINSON, T. J. **Adventitious rooting of *Eucalyptus benthamii* Maiden and Cambage and *Eucalyptus camaldulensis* Maiden Stem Cuttings**. 37f. Dissertação (Master of Science Forestry and Environmental Resources) – Faculty of North Carolina State University, Carolina do Norte, 2014.
- ROCHA, M. P. da; TOMASELLI, I. Efeito do modelo de desdobro na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 70-83, 2002.
- ROCHA, M. P. da; TRUGILHO, P. F. Qualidade de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do método de desdobro e condição de umidade. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 314-321, 2006.
- ROSA, L. S. **Adubação nitrogenada e substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden**. 2006. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- ROSA, L. S. da; WENDLING, I.; GROSSI, F.; REISSMANN, C. B. Efeito da dose de nitrogênio e de formulações de substratos na miniestaquia de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, n. 6, p. 1025-1035, 2009.
- SAYA, R. A.; MANKESSI, F.; TOTO, M.; MARIEN, J. N.; MONTEUUIS, O. Advances in mass clonal propagation of *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* in Congo. **Bois et Forêts des Tropiques** Montpellier Cedex, v. 297, n. 3, p.15-25, 2008.
- SCARASSATI, A.; GUERRINI, I. A. Avaliação ambiental na produção de microcepas e microestacas de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em sistema hidropônico em casa-de-vegetação. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.14, n.4, p. 12-21, 2003.
- SEILER, G.J., Influence of temperature on primary and lateral root growth of sunflower seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, Netherlands, v.40, 135-146, 1998.
- SILVA, E. T. da.; BYLLARDT, L. V. B.; GOMES, S.; WOLF, G. D. Comportamento da temperatura do ar sob condições de cultivo em ambiente protegido. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v.1, n.1, p. 51-54, jan./mar. 2003.
- 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.

- SOUZA, C. C.; XAVIER, A.; LEITE, F. P.; SANTANA, R. C.; LEITE, H. G. Padrões de miniestacas e sazonalidade na produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* HILL X *E. urophylla* S. T. BLACK. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 67-77, 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TERMIGNONI, R.; WANG, P.; HU, C. Somatic embryo induction in *Eucalyptus dunnii*. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Netherlands, v. 45, p. 129-132, 1996.
- TITON, M.; XAVIER, A.; REIS, G. G.; OTONI, W. C. Eficiência das minicepas e microcepas na produção de propágulos de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.5, p.619-625, 2003.
- TORRES, A. G. M. **Relação entre sazonalidade, desrama e carboidratos no crescimento do eucalipto na propagação vegetativa por miniestaquia**. 2003. 65p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.
- TRUEMAN, S. J. Clonal propagation and storage of subtropical pines in Queensland, Australia. **Southern African Forestry Journal**, Australia, v. 208, p. 49-52, 2006.
- TRUEMAN, S. J.; McMAHON, T. V.; BRISTOW, M. Production of cuttings in response to stock plant temperature in the subtropical eucalyptus, *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus dunnii*. **New Forests**, Netherlands, v. 44, p. 265-279, 2013a.
- TRUEMAN, S. J.; McMAHON, T. V.; BRISTOW, M. Production of *Eucalyptus cloenziana* cuttings in response to stock plant temperature. **Journal of Tropical Forest Science**, Kuala Lumpur, v. 25, n. 1, p. 60-69, 2013b.
- TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A L. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 104- 114, 2001.
- VALRLET-GRANCHER, C.; BONHOMME, R.; SINOQUET, H. **Crop structure and light microclimate: characterization and applications**. Paris: Institut national de la recherche agronomique, 1993. 518 p.
- WENDLING, I. XAVIER, A.; GOMES, J .M. ; PIRES, I .E. ; ANDRADE, H.B. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 181-186, 2000.

- WENDLING, I.; FERRARI, M. P.; GROSSI, F. Curso intensivo de viveiros e produção de mudas. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 48 p. (**Embrapa Florestas. Documentos, 79**).
- WENDLING, I. XAVIER, A.; PAIVA, H. N. Influência da miniestaquia seriada no vigor de minicepas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 611-618, 2003.
- WENDLING, I. A araucária na silvicultura brasileira. Referência: **A revista da indústria da madeira**, Curitiba, v.12, n.108, out. 2010.
- WENDLING, I.; BRONDANI, G. E.; DUTRA, L. F.; HANSEL, F. A. Mini-cuttings: a new ex-vitro method for clonal propagation of sweetgum. **New Forests**, Netherlands, v. 39, p. 343-353, 2010.
- XAVIER, A.; WENDLING, I. Miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus*. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais - SIF, 1998. 10 p. (**Informativo Técnico SIF, 11**).
- XAVIER, A. **Silvicultura clonal I: princípios e técnicas de propagação vegetativa**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 64p.
- XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. da. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 272 p.
- XAVIER, A.; SILVA, R. L. da. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus*. **Agronomia Costarricense**, San José, v. 34, n. 1, 2010.
- ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. **Estaquia: uma abordagem dos principais aspectos fisiológicos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2001a. 39 p.
- ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; RODRIGUES, J. D. Concentrações de ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de *Eucalyptus grandis*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 42, p. 71-80, jan./jun. 2001b.

## **APÊNDICES**

A –COLETA E TEMPO PARA FORMAÇÃO DAS MUDAS CLONAIS DO HÍBRIDO *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* EM CADA AMBIENTE DO PROCESSO DE MINIESTAQUIA.

COLETA	DATA DA COLETA	INTERVALO ENTRE COLETAS (Dias)	TEMPO DE PERMANÊNCIA (Dias)			
			CV*	CS*	APS*	MUDA FORMADA
1	05/07/2007	13	31	41	21	106
2	24/07/2007	19	47	17	21	104
3	10/08/2007	17	30	17	32	96
4	28/08/2007	18	42	19	31	110
5	11/09/2007	14	37	20	34	105
6	21/09/2007	10	38	24	28	100
7	01/10/2007	10	38	14	46	108
8	09/10/2007	8	44	20	27	99
9	19/10/2007	10	34	20	33	97
10	30/10/2007	11	35	16	33	95
11	09/11/2007	10	33	15	34	92
12	14/11/2007	5	36	17	35	93
13	21/11/2007	7	46	18	34	105
14	05/12/2007	14	33	16	35	98
15	13/12/2007	8	41	19	29	97
16	18/12/2007	5	36	19	29	89
17	26/12/2007	8	34	17	39	98
18	02/01/2008	7	40	17	33	97
19	08/01/2008	6	42	20	29	97
20	15/01/2008	7	44	13	28	92
21	21/01/2008	6	43	21	28	98
22	29/01/2008	8	35	21	28	92
23	13/02/2008	15	34	14	35	98
24	20/02/2008	7	34	14	28	83
25	27/02/2008	7	34	21	28	90
26	04/03/2008	6	35	14	28	83
27	11/03/2008	7	28	14	28	77
28	25/03/2008	14	35	14	28	91
29	01/04/2008	7	35	7	28	77
30	08/04/2008	7	35	28	34	104
31	16/04/2008	8	34	21	34	97
32	22/04/2008	6	35	14	34	89
33	29/04/2008	7	43	14	28	92
34	06/05/2008	7	35	14	28	84
35	13/05/2008	7	42	20	29	98
36	20/05/2008	7	35	20	37	99
37	27/05/2008	7	35	13	37	92
38	04/06/2008	8	40	16	26	90
39	10/06/2008	6	34	16	26	82
40	19/06/2008	9	25	29	29	92
41	27/06/2008	8	30	37	21	96
<b>Média</b>	-	<b>9</b>	<b>36</b>	<b>19</b>	<b>31</b>	<b>95</b>

Em que: \*CV: Casa de Vegetação; \*CS: Casa de Sombra; \*APS: Área a Pleno Sol.

B – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO MINIJARDIM CLONAL DE *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*

Variável climática	Umidade	Temperatura	PAR
Umidade Relativa do ar	1	-0,8289735	-0,8480079
Temperatura	-0,8289735	1	0,7606402
PAR	-0,8480079	0,7606402	1

C – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS EM CASA DE VEGETAÇÃO.

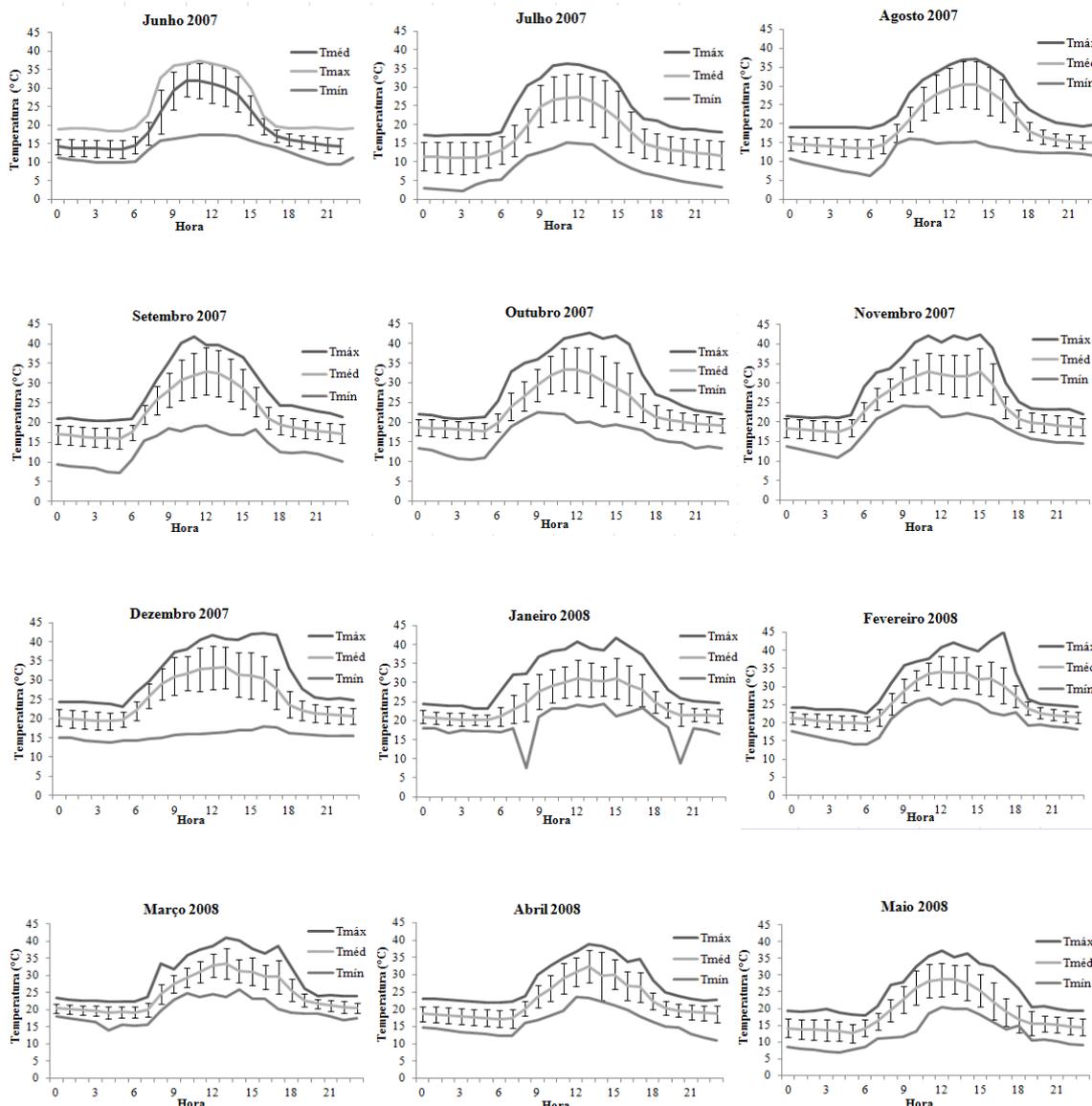
Variável climática	Umidade	Temperatura
Umidade Relativa do ar	1	-0,7892
Temperatura	-0,7892	1

D – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS EM CASA DE SOMBRA.

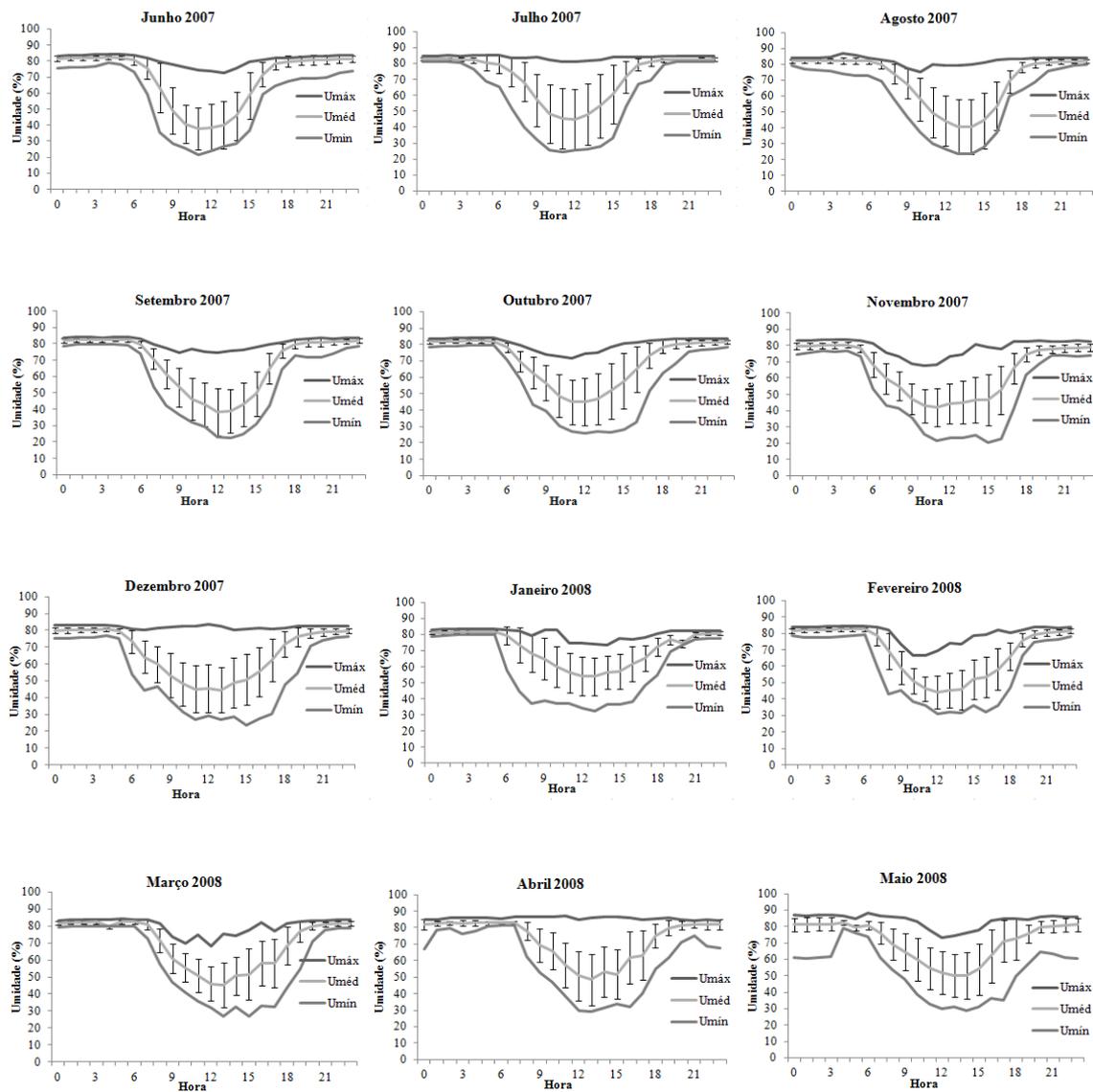
Variável climática	Umidade	Temperatura	PAR
Umidade Relativa do ar	1	-0,3872	-0,4058
Temperatura	-0,3871	1	0,6460
PAR	-0,4058	0,6460	1

E – COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NA ÁREA A PLENO SOL.

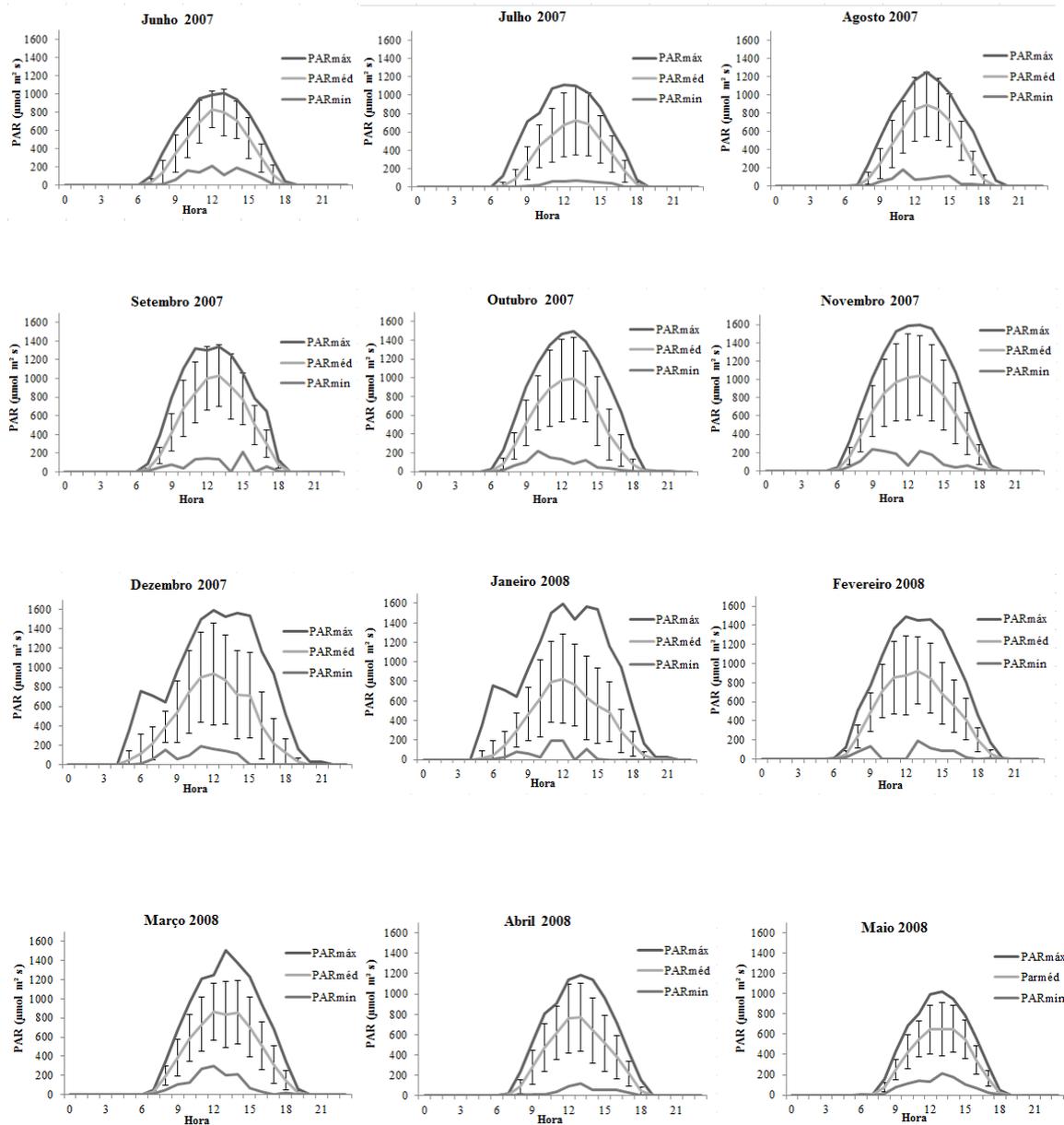
Variável climática	Umidade	Temperatura	PAR
Umidade Relativa do ar	1	-0,7505	-0,7439
Temperatura	-0,7505	1	0,6542
PAR	-0,7439	0,6542	1



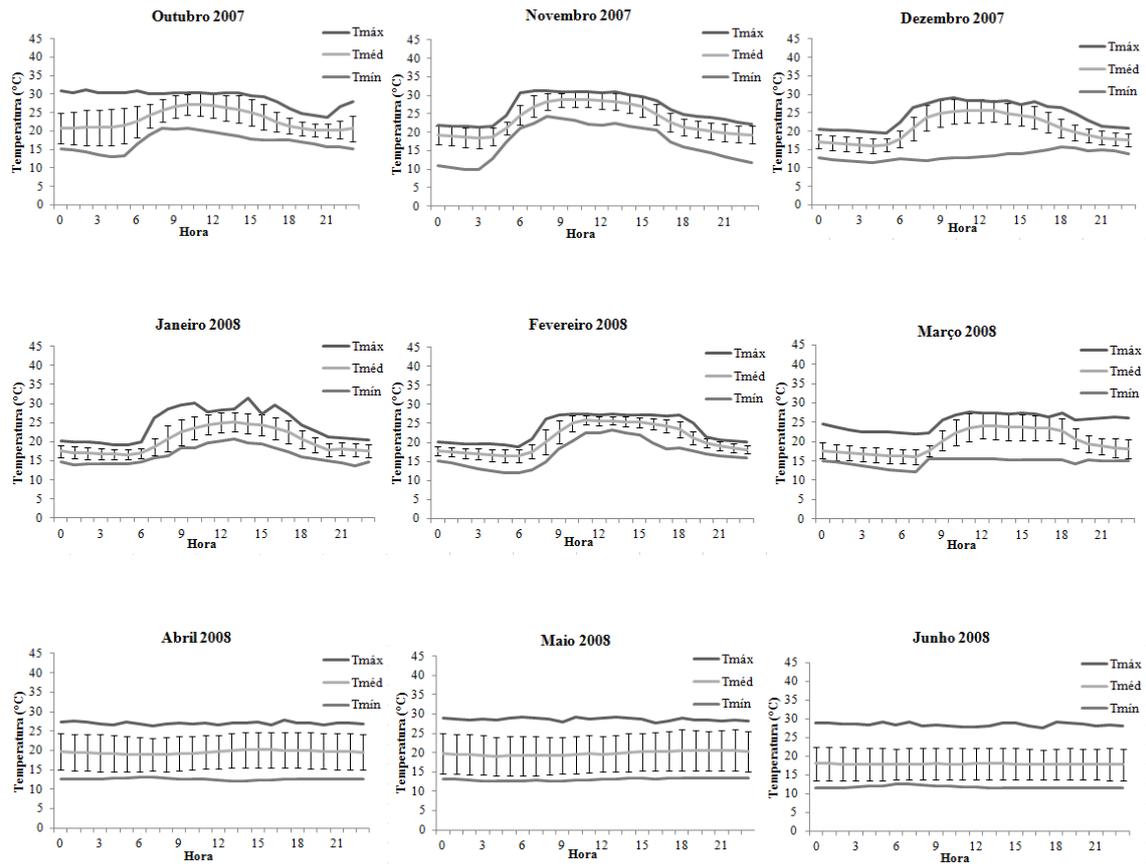
F – MÉDIA MENSAL DA TEMPERATURA MÁXIMA ( $T_{máx}$ ), MÉDIA ( $T_{méd}$ ), MÍNIMA ( $T_{mín}$ ) A CADA HORA NO MINIJARDIM CLONAL DE *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* DURANTE DOZE MESES.



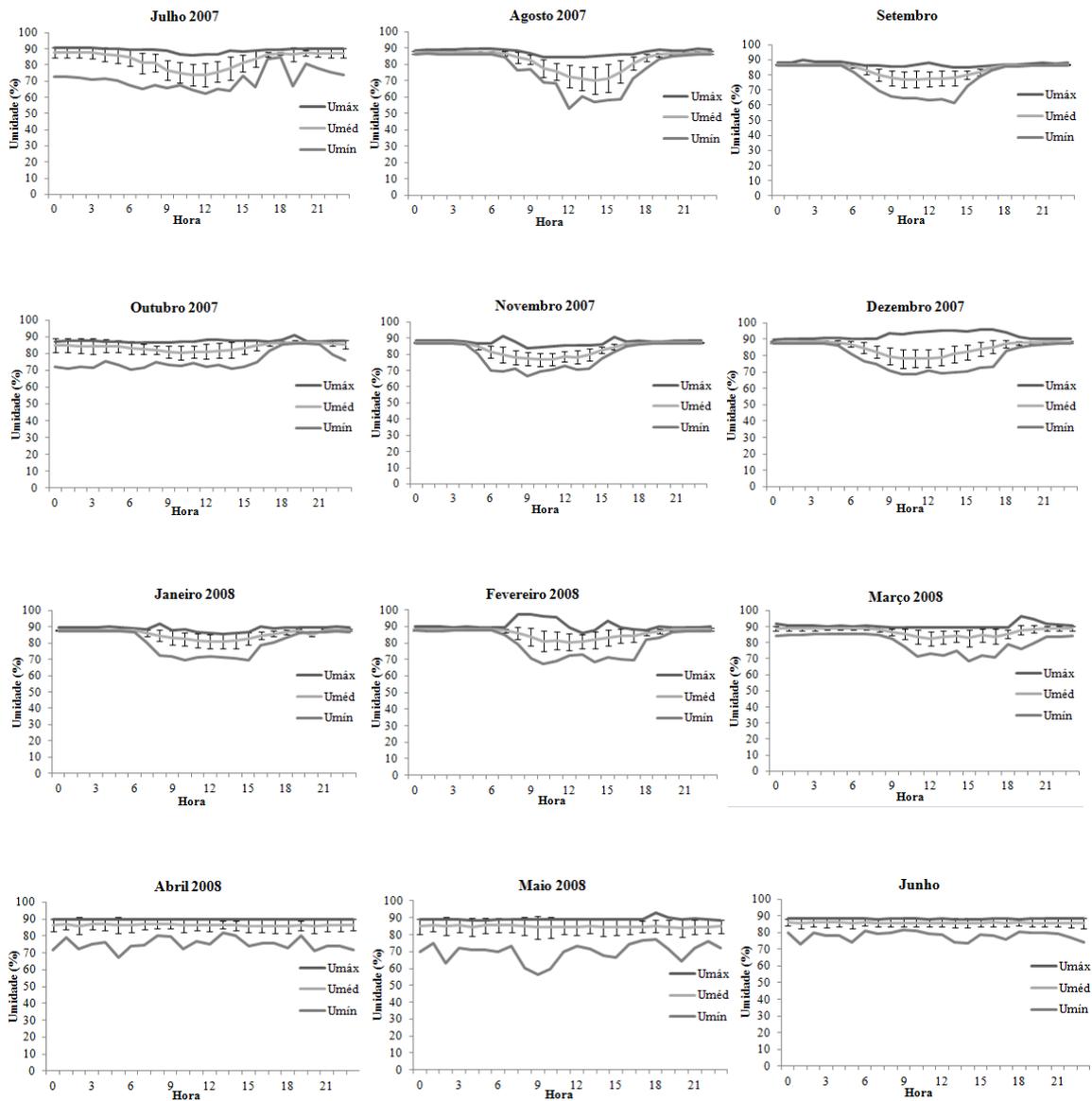
G – MÉDIA MENSAL DA UMIDADE RELATIVA MÁXIMA ( $U_{máx}$ ), MÉDIA ( $U_{méd}$ ), MÍNIMA ( $U_{mín}$ ) A CADA HORA NO MINIJARDIM CLONAL DE *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* DURANTE DOZE MESES.



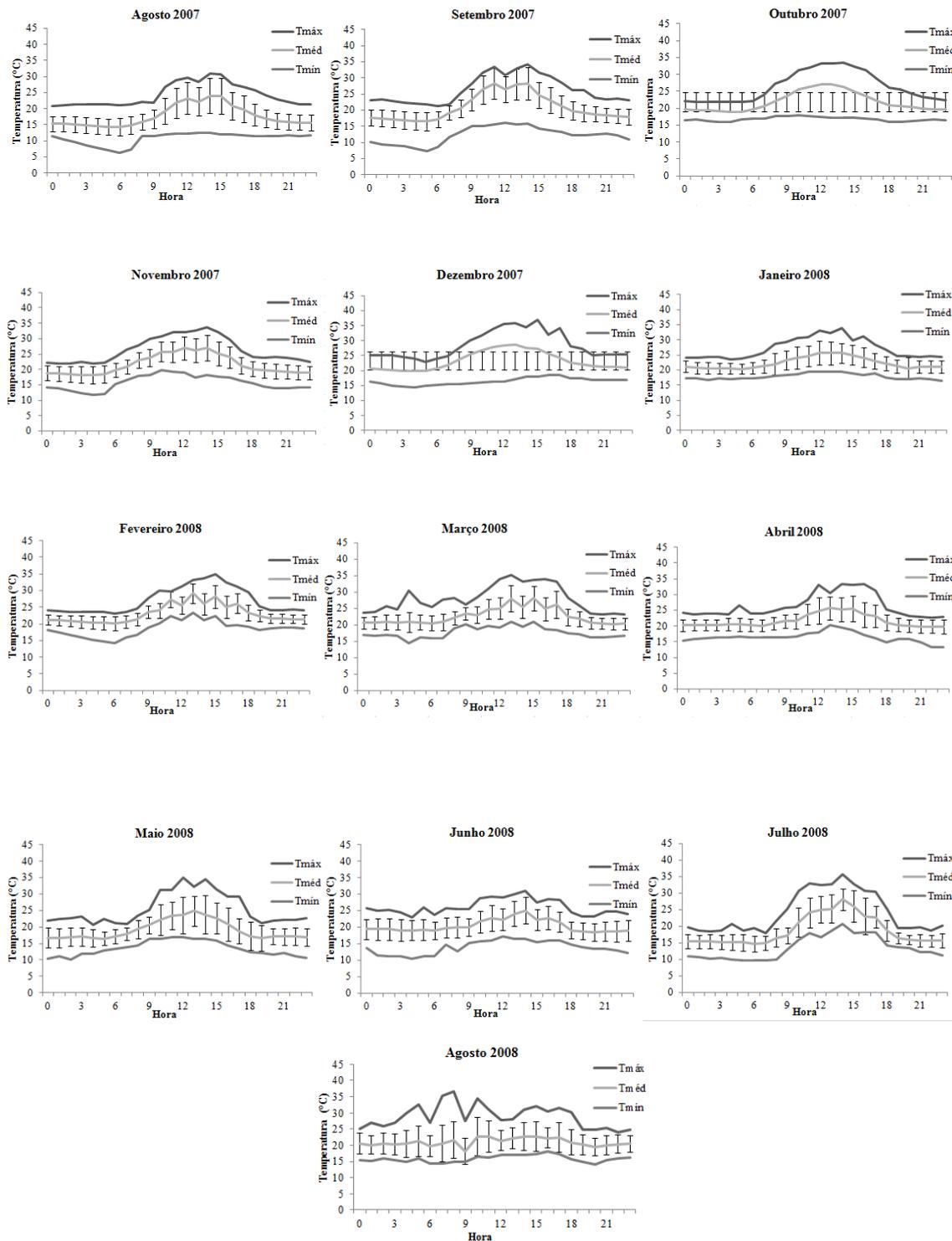
H – MÉDIA MENSAL DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA -PAR MÁXIMA ( $\text{PAR}_{\text{máx}}$ ), MÉDIA ( $\text{PAR}_{\text{méd}}$ ), MÍNIMA ( $\text{PAR}_{\text{mín}}$ ) A CADA HORA NO MINIJARDIM CLONAL DE *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii* DURANTE DOZE MESES.



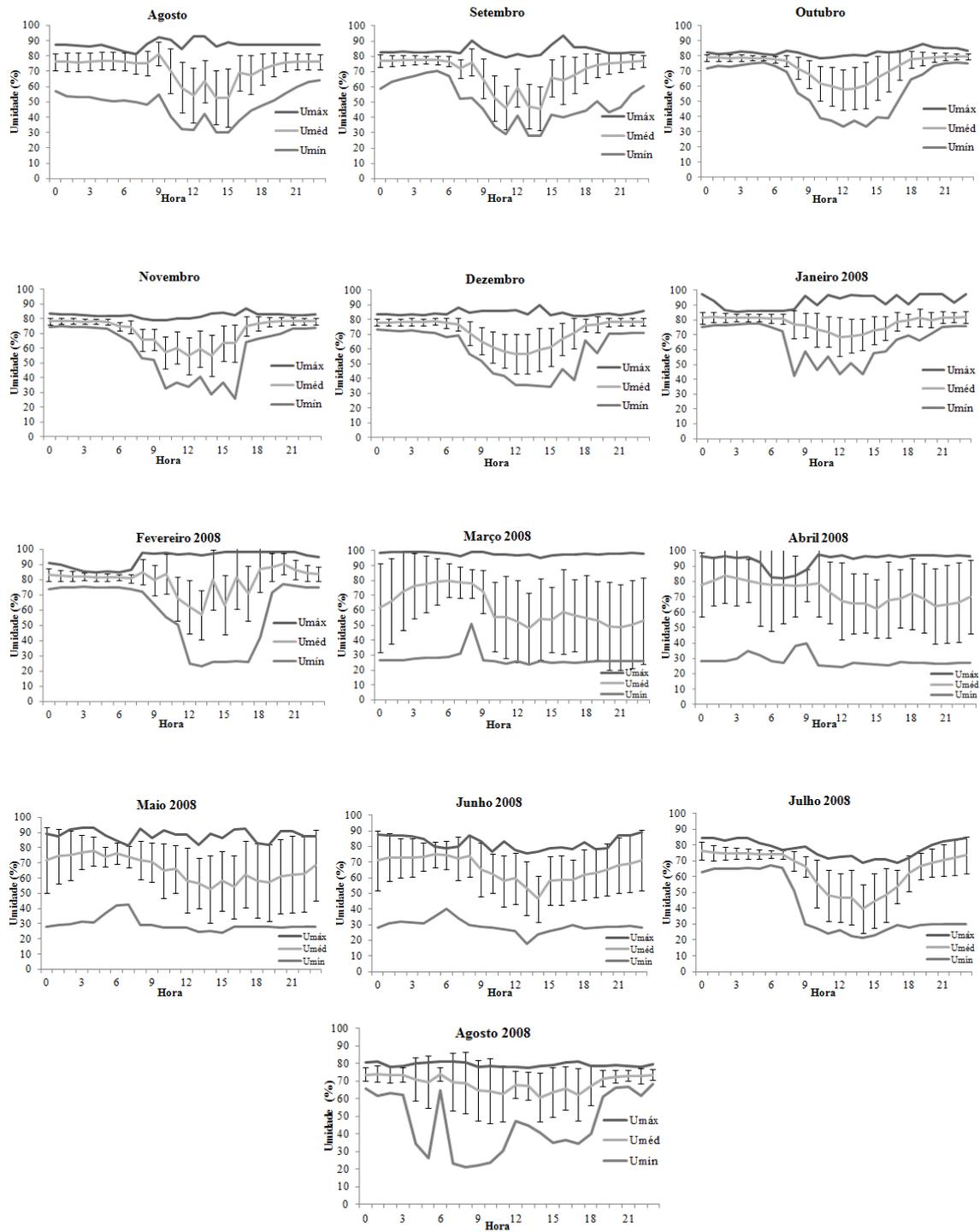
I- MÉDIA MENSAL DA TEMPERATURA MÁXIMA ( $T_{máx}$ ), MÉDIA ( $T_{méd}$ ), MÍNIMA ( $T_{mín}$ ) A CADA HORA EM CASA DE VEGETAÇÃO DURANTE DOZE MESES.



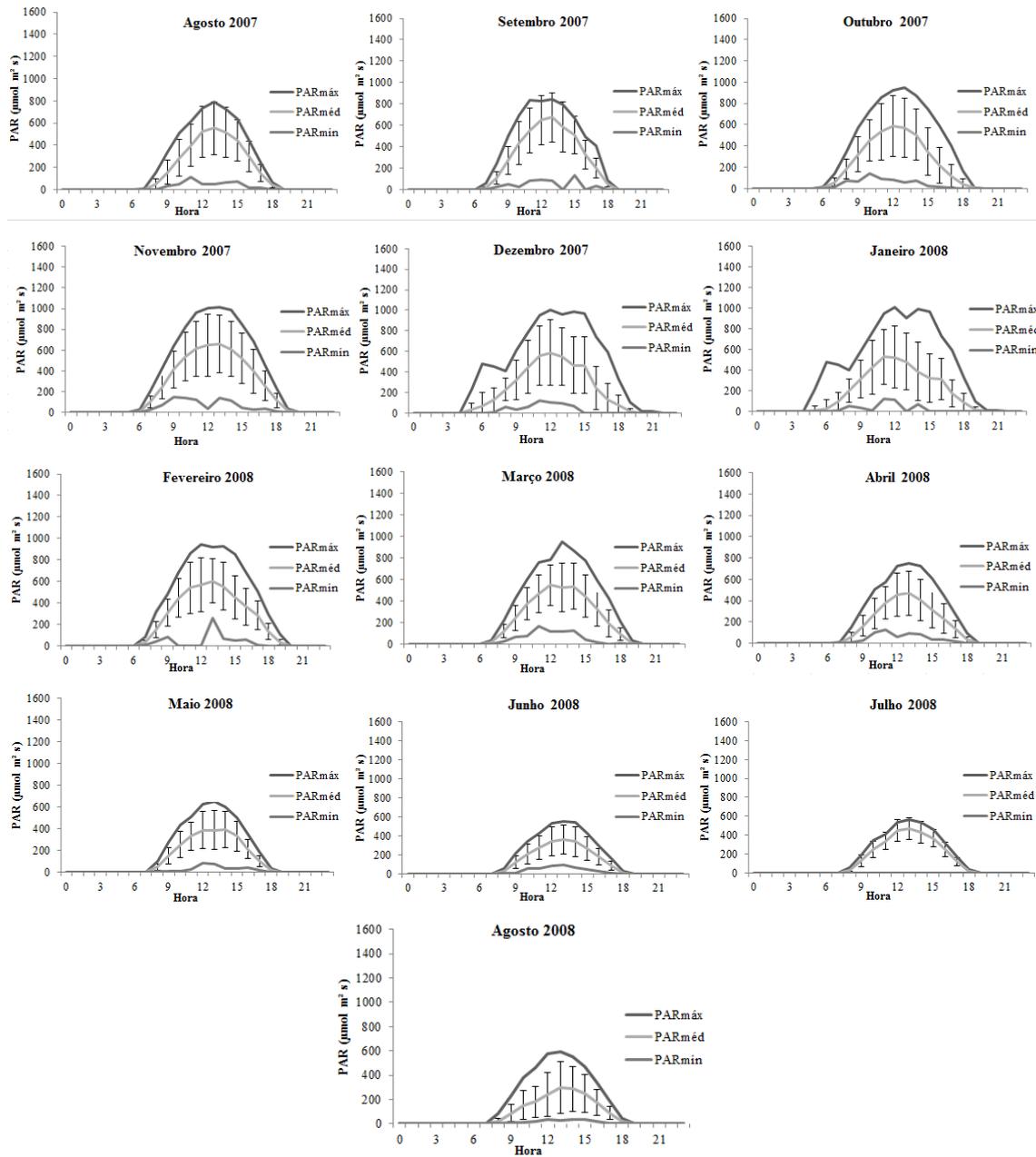
J – MÉDIA MENSAL DA UMIDADE REATIVA MÁXIMA ( $U_{máx}$ ), MÉDIA ( $U_{méd}$ ), MÍNIMA ( $U_{mín}$ ) A CADA HORA EM CASA DE VEGETAÇÃO DURANTE DOZE MESES.



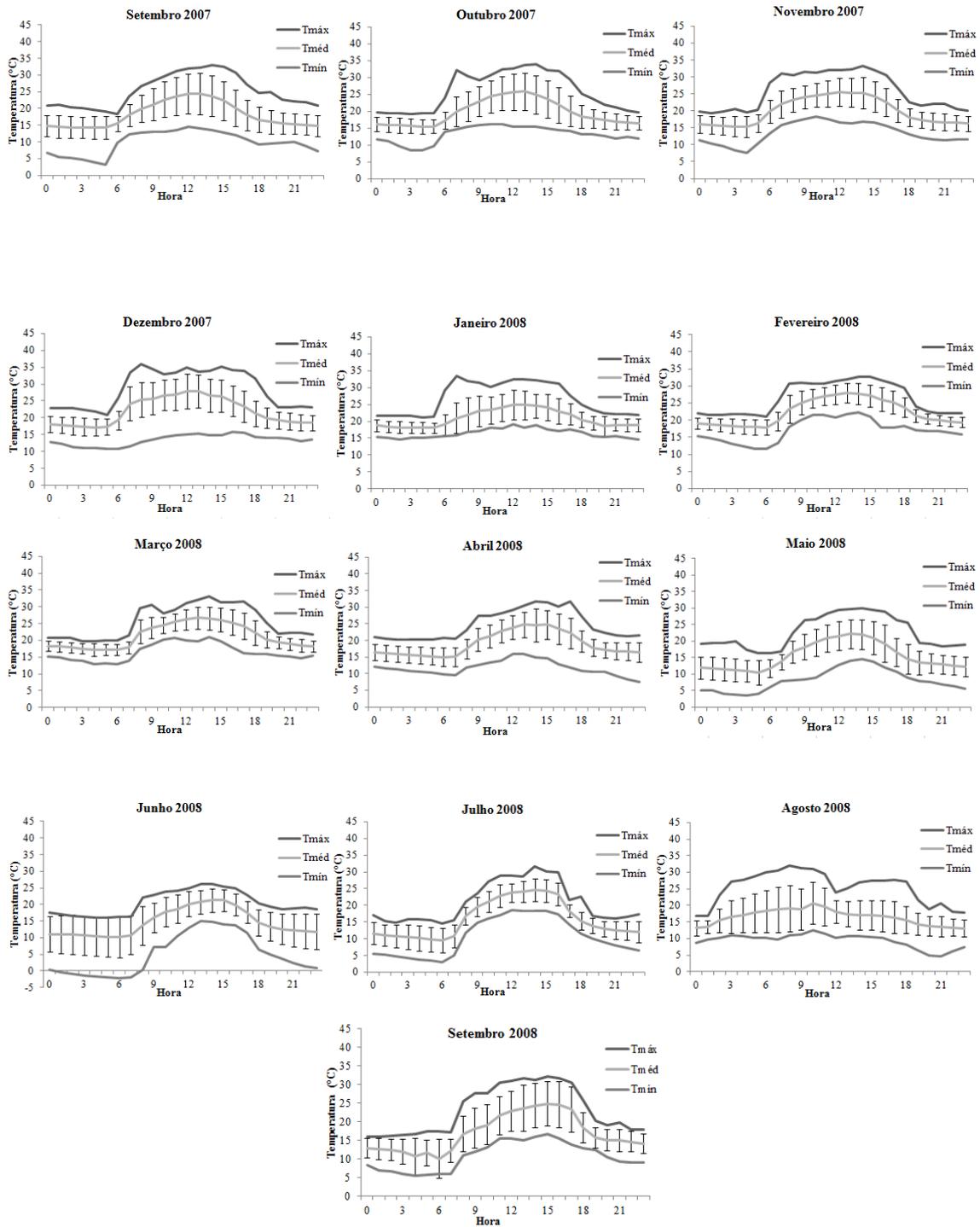
K – MÉDIA MENSAL DA TEMPERATURA MÁXIMA ( $T_{máx}$ ), MÉDIA ( $T_{méd}$ ), MÍNIMA ( $T_{mín}$ ) A CADA HORA EM CASA DE SOMBRA DURANTE TREZE MESES.



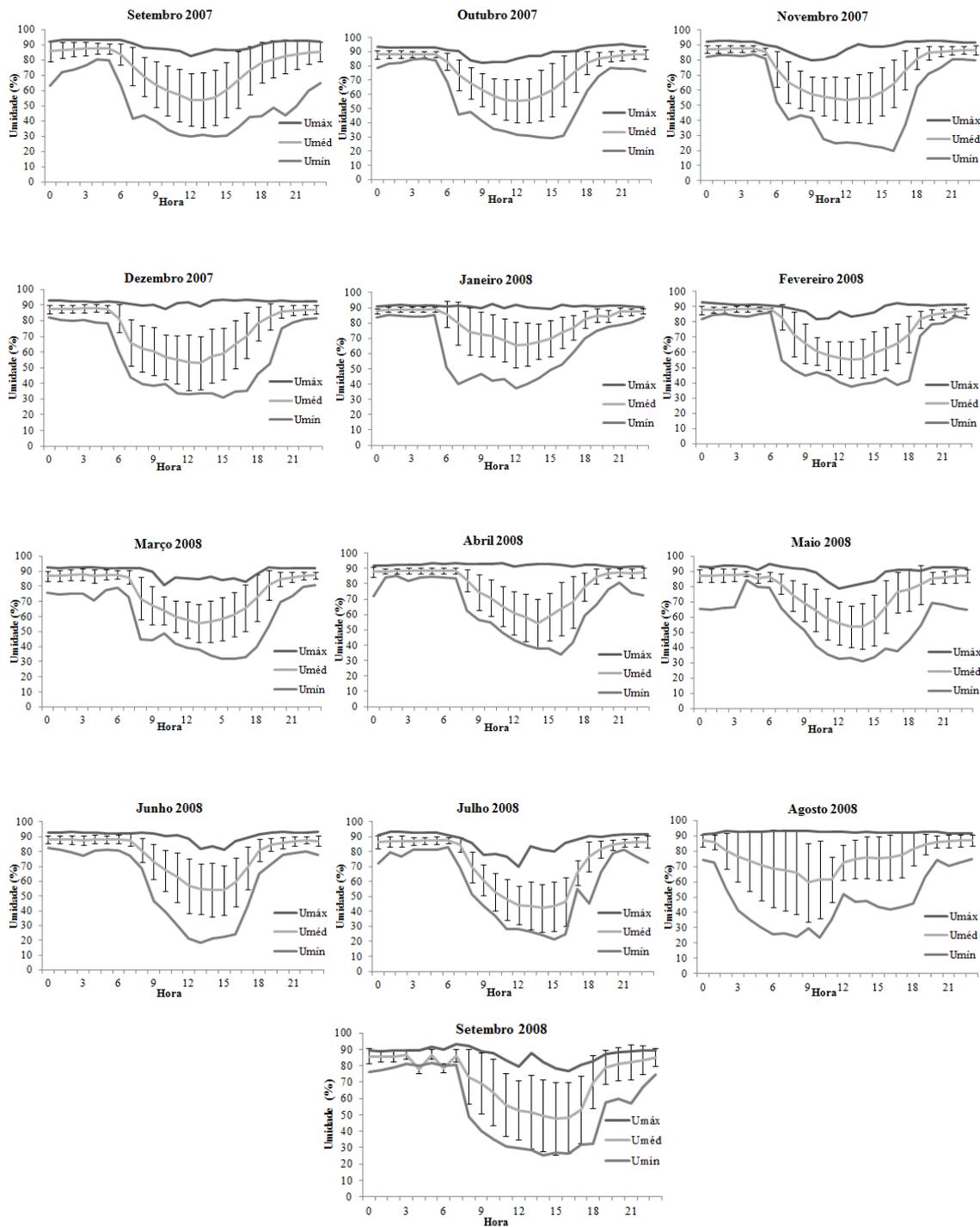
L – MÉDIA MENSAL DA UMIDADE RELATIVA MÁXIMA ( $U_{máx}$ ), MÉDIA ( $U_{méd}$ ), MÍNIMA ( $U_{mín}$ ) A CADA HORA EM CASA DE SOMBRA DURANTE TREZE MESES.



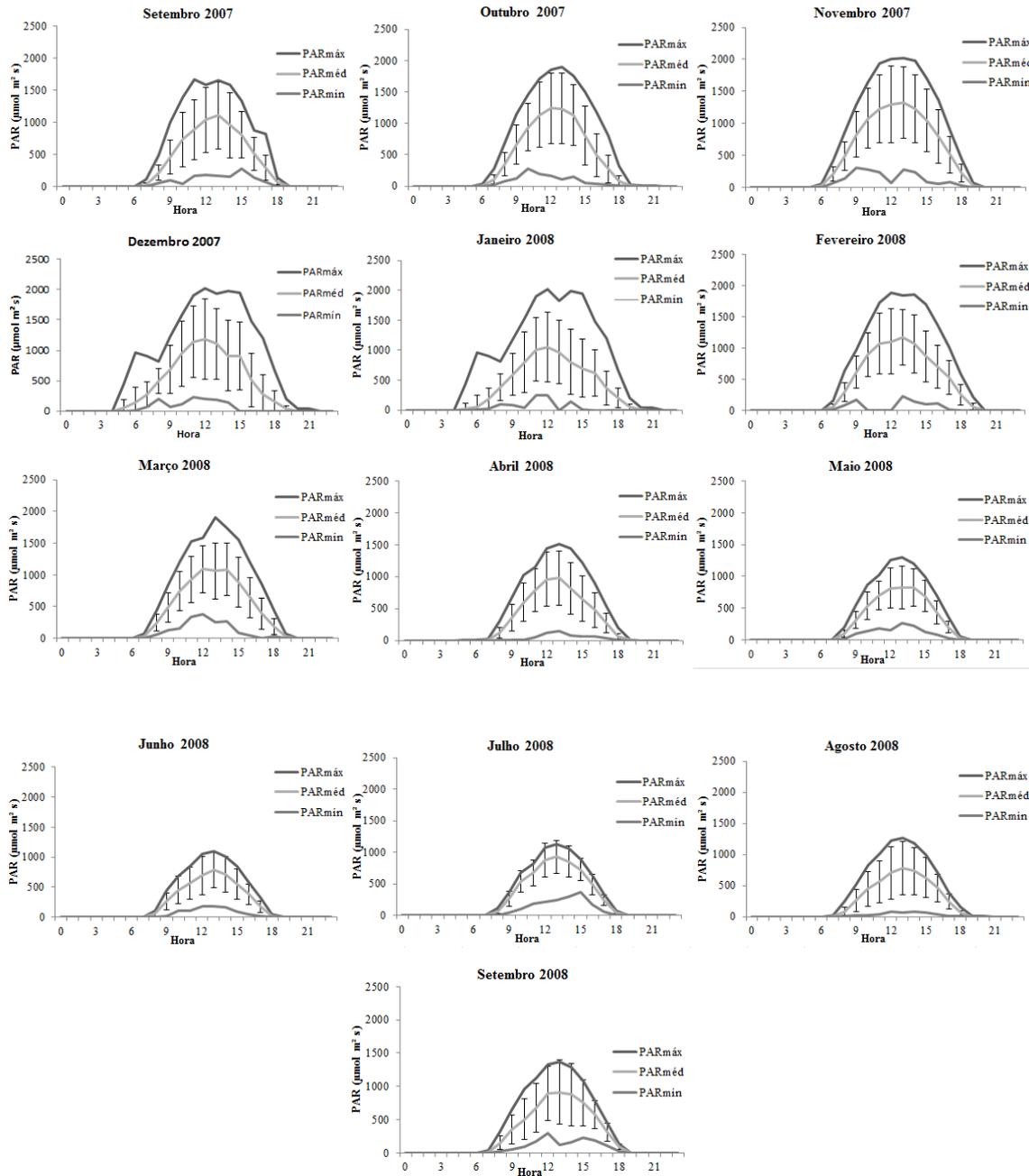
M – MÉDIA MENSAL DA RADIAÇÃO FOTOSINTÉTICAMENTE ATIVA -PAR MÁXIMA ( $\text{PAR}_{\text{máx}}$ ), MÉDIA ( $\text{PAR}_{\text{méd}}$ ), MÍNIMA ( $\text{PAR}_{\text{mín}}$ ) A DURANTE TREZE MESES.



N – MÉDIA MENSAL DA TEMPERATURA MÁXIMA ( $T_{máx}$ ), MÉDIA ( $T_{méd}$ ), MÍNIMA ( $T_{mín}$ ) A CADA HORA EM ÁREA A PLENO SOL DURANTE TREZE MESES.



O – MÉDIA MENSAL DA UMIDADE RELATIVA MÁXIMA ( $U_{máx}$ ), MÉDIA ( $U_{méd}$ ), MÍNIMA ( $U_{mín}$ ) A CADA HORA EM ÁREA A PLENO SOL DURANTE TREZE MESES.



P – MÉDIA MENSAL DA RADIAÇÃO FOTOSINTETICAMENTE ATIVA-PAR MÁXIMA (PAR<sub>máx</sub>), MÉDIA (PAR<sub>méd</sub>), MÍNIMA (PAR<sub>mín</sub>) A CADA HORA NA ÁREA A PLENO SOL DURANTE TREZE MESES.