



## ACÚMULO DE RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO

Alexandre Behling<sup>1</sup>, Braulio Otmar Caron<sup>2</sup>, Velci Queiróz de Souza<sup>2</sup>, Rogério Bamberg<sup>1</sup>, Elder Eloy<sup>3</sup>

1. Mestrando em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná. (alexandre.behling@yahoo.com.br)
2. Professor Doutor da Universidade Federal de Santa Maria.
3. Mestrando em Agronomia, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal de Santa Maria.

Universidade Federal do Paraná; Centro de Excelência em Pesquisas sobre Fixação Carbono na Biomassa (BIOFIX), Av. Pref. Lothário Meissner, 900 - Jardim Botânico - Campus III 80210-170 - Curitiba - Paraná – Brasil.

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

### RESUMO

O crescimento das plantas depende do saldo de matéria seca acumulada pela fotossíntese. Dessa maneira, a produção de fitomassa vem a ser uma função da eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada (RFAi) em fotoassimilados, variando conforme as condições nas quais as plantas são cultivadas. O presente trabalho teve como objetivo quantificar a incidência de radiação solar global para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetidas a diferentes tamanhos de tubetes e densidades de plantas. Para tanto, foi conduzido um experimento, em delineamento de blocos ao acaso, para estudar a produção de mudas em dois tamanhos de tubetes: pequeno (TP) e médio (TM), e duas densidades de plantas na bandeja (alta com 100% de ocupação da bandeja e média com 50%), onde foram determinados a RFAi, radiação solar global incidente, índice de área foliar e a fitomassa seca total das mudas. Estima-se que são necessários aproximadamente 896 MJ m<sup>-2</sup> de radiação solar global para produção de fitomassa de mudas padrões sob densidade alta em TP, respectivamente 689 MJ m<sup>-2</sup> em TP para densidade média, 647 MJ m<sup>-2</sup> para densidade alta em TM e 557 MJ m<sup>-2</sup> para densidade média de mudas em TM.

**PALAVRAS-CHAVE:** Radiação fotossinteticamente ativa, densidade de plantas, tempo de cultivo.

### ACCUMULATION OF GLOBAL SOLAR RADIATION FOR THE PRODUCTION OF SEEDLINGS OF EUCALYPTUS

#### ABSTRACT

The growth of the plants is function of the dry matter accumulated for the photosynthesis. Like this, the matter production comes to be a function of the efficiency of conversion of the photosynthetically active radiation intercepted (PARi), varying according to the conditions that the plants are cultivated. The present work had as objective quantifies the incidence of global solar radiation for the production of seedlings of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden when submitted to different tubes

sizes and densities of plants. For that, an experiment was driven, in randomized blocks, of production of seedlings in two tubes sizes (small – TS and medium - TM) and two densities of plants in the tray (high with 100% of occupation of the tray and average with 50%), where they were certain PARi, the index of foliar area and the biomass drought of the seedlings. where they were certain PARi, radiation global solar incident, index of foliar area and the fitomassa total drought of the seedlings. He is considered that are necessary approximately 896 MJ m<sup>-2</sup> of global solar radiation for production of standard fitomassa of seedlings under high density in TP, respectively 689 MJ m<sup>-2</sup> in TP for medium density, 647 MJ m<sup>-2</sup> for high density in TM and 557 MJ m<sup>-2</sup> for medium density of seedlings in TM.

**KEYWORDS:** Photosynthetically active radiation, density of plants, time of cultivation.

## INTRODUÇÃO

A produção de mudas em viveiros constitui uma das fases mais importantes do processo de implantação de povoamentos florestais, pois mudas de baixa qualidade podem comprometer outras operações (GALLO *et al.*, 1978).

Segundo SANTOS *et al.*, (2000), o êxito de um plantio depende diretamente das potencialidades genéticas das sementes e da qualidade das mudas. PAIVA & GOMES (1995) recomendam que devem apresentar, no momento de serem plantadas no campo, entre outras características, sistema radicular bem formado, com raiz principal sem enovelamento e raízes secundárias bem distribuídas, propiciando uma maior resistência das mesmas a fatores adversos.

A qualidade da muda está estreitamente relacionada à sobrevivência, o estabelecimento, a frequência dos tratos culturais e o crescimento inicial da floresta (DURYEA, 1985; GOMES *et al.*, 1991; CARNEIRO, 1995; FONSECA, 2000). O plantio de muda com padrões adequados aumenta a sobrevivência das plantas no campo, além de apresentarem melhores condições de crescimento e de competição por fatores como água, luz e nutrientes (SIMÕES, 1987; GOMES *et al.*, 1991).

A escolha de um recipiente ou outro, além dos aspectos quanto à qualidade desejada, dependerá também da quantidade da produção, aspectos econômicos como reaproveitamento do material utilizado, facilidade de manuseio e mecanização. Os volumes dos recipientes influenciam a disponibilidade de nutrientes e água, sendo que os maiores promovem melhor arquitetura do sistema radicular (PARVIAINEN, 1976; BÖHM, 1979). Entretanto grandes dimensões acarretam maiores custos de produção, transporte, distribuição e plantio (GONZALEZ, 1988; GOMES *et al.*, 1990).

GOMES *et al.* (2003) investigaram o crescimento de mudas de *E. grandis* produzidas em diferentes tamanhos de tubetes (50, 110, 200 e 280 cm<sup>3</sup>) e fertilização N-P-K e concluíram que os volumes devem ser considerados no planejamento da produção. Os melhores crescimentos foram obtidos nos tubetes maiores, porém, não devem ser utilizados, uma vez que as alturas das mudas estão acima das tecnicamente ótimas para o plantio, além do custo de produção ser maior. Dessa maneira, devem ser indicados os de 50 e de 110 cm<sup>3</sup> para mudas com 90 dias.

A utilização de tubetes é frequente em locais que necessitam produzir grandes quantidades de mudas e com padrões de qualidade (GOMES *et al.*, 2003). De acordo com GONÇALVES (1995) a utilização desse recipiente permite elevar o grau de automatização dos viveiros florestais, reduzir custos e tempo de cultivo, ao mesmo tempo em que se observa uma crescente melhoria na qualidade.

No entanto, a quantidade destes tubetes que são colocados na bandeja (suporte do recipiente), determina a densidade de mudas e, conseqüentemente, o grau de competição por espaço e sua capacidade de assimilar radiação solar (CARNEIRO, 1995). Além disso, exerce influências diretamente no desenvolvimento e arquitetura das plantas, apresentando assim, padrões diferenciados em resposta aos variados espaçamentos (ATAÍDE *et al.*, 2010) o que resulta em diferentes taxas de crescimento (CHINCHILLA *et al.*, 1990).

Estes fatos são também verificados no trabalho conduzido por ATAÍDE *et al.*, (2010), onde os mesmos constataram que a fitomassa acumulada por mudas clonais de eucalipto e sua repartição em raiz e parte aérea aumentou à medida que o espaçamento das plantas na bandeja diminuiu.

Estes autores ainda mencionam que além das vantagens morfofisiológicas da maior densidade de plantas, quantidades superiores de mudas por bandeja resultam em maior retorno econômico e eficiência no uso do viveiro. Além disso, deve-se também considerar que os espaços entre os tubetes representam elevado percentual das áreas das bandejas, desperdiçando água e nutrientes, quando utilizado fertirrigação.

A densidade é um dos fatores que afetam a distribuição da área foliar no dossel das plantas e, conseqüentemente, a maneira de como é interceptada a radiação solar (STEWART *et al.*, 2003). Assim, uma das técnicas para aumentar a quantidade de energia captada por unidade de área e de tempo é a modificação do arranjo, a qual consiste em encurtar o tempo para que a cultura intercepte o máximo da radiação solar incidente (KUNZ *et al.*, 2007), através do maior índice de área foliar obtido. A mesma contribui ainda na distribuição da área foliar no dossel e, conseqüentemente, na maneira de como é interceptada a radiação solar (STEWART *et al.*, 2003).

Dessa maneira, esse trabalho teve como objetivo quantificar a incidência de radiação solar global para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetidas a diferentes tamanhos de tubetes e densidades de plantas.

## METODOLOGIA

O estudo foi realizado com a espécie *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no período de outubro de 2008 a janeiro de 2009, em ambiente protegido com casa de vegetação do tipo Pampeana, utilizando-se cobertura de polietileno de baixa densidade de 150  $\mu\text{m}$  de espessura. O experimento foi conduzido no viveiro do Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria, *Campus CESNORS* (Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul), no município de Frederico Westphalen – RS, sob coordenadas geográficas 27°23'46" S e 53°25'38" W a 480 m de altitude.

O acúmulo em massa seca total de mudas de *Eucalyptus grandis* foi avaliado em dois tamanhos de tubetes cônicos de plástico rígido, pequeno (TP) e médio (TM), com capacidade de 50 e 90  $\text{cm}^3$  respectivamente, em dois níveis de densidades de plantas na bandeja (DPB), 100 e 50%, denominados de densidade alta e média.

No planejamento dos tratamentos utilizou-se um bifatorial de 2 x 2: dois tamanhos de tubete e duas DPB em seis repetições, sendo o experimento conduzido em delineamento experimental de blocos ao acaso. Em cada bloco foram contempladas quatro unidades experimentais, distribuindo-se ao acaso a combinação tamanho de tubete + DPB. Cada unidade experimental foi composta por

72 e 48 plantas respectivamente para 100 e 50% de ocupação na bandeja, sendo as 16 centrais avaliadas (Figura 1).

Devido cada bandeja ser projetada para cada tamanho de tubete, a densidade alta equivaleu a 736 e 528 plantas por m<sup>2</sup> (pl m<sup>-2</sup>) para o TP e TM e para média de 368 e 264 pl m<sup>-2</sup> para o TP e TM, respectivamente.

A produção das mudas foi realizada a partir de sementes oriundas de povoamentos clonais da empresa KLABIN® de Telêmaco Borba – PR. Na semeadura, realizada em 24 de agosto de 2008, colocou-se 10 sementes por tubete preenchidos com substrato comercial (Tecnomax®) e aos 15 dias após a emergência foi efetuado um raleio das plântulas, deixando somente a melhor e mais central. Durante a condução do experimento foram feitas regas diárias de forma manual, mantendo sempre a capacidade de campo do substrato.

A partir dos 50 dias após a emergência, realizaram-se sete avaliações de fitomassa, com intervalos de 15 dias, onde duas mudas por tratamento e repetição foram amostradas, sendo ao todo 336 mudas avaliadas.

A fim de determinar a quantidade necessária de radiação fotossinteticamente ativa interceptada (RFAi) acumulada para expedir mudas a campo utilizou-se a seguinte expressão:

$$RFAiacn = FST MP / \epsilon b$$

Em que:

RFAiacn: radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada acumulada necessária para atingir a FST MP (MJ m<sup>-2</sup>); conforme desenvolvimento apresentado por BEHLING (2011).

FST MP: massa seca total de mudas com padrões em altura e diâmetro de colo recomendados para o plantio (g m<sup>-2</sup>); e

$\epsilon b$ : eficiência de conversão da RFAi em fitomassa seca produzida (g MJ<sup>-1</sup>), cuja pode ser verificada em BEHLING (2011).

A estimativa de FST MP foi obtida para cada tratamento através do emprego de equações (Tabela 1) de fitomassa seca total de mudas de *E. grandis*, que foram gerados com dados provenientes do próprio experimento utilizando o método de seleção de variáveis *stepwise* a 5% de probabilidade. Para o cálculo de estimativa da FST MP utilizou-se o tamanho médio de altura de 20 cm e 2,5 mm de diâmetro de colo, padrões recomendados por STURION *et al.*, (2000).

**TABELA 1** - Modelos para estimativa de fitomassa seca total de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden.

Tratamento	Modelo	R <sup>2</sup>
TPDA	FST = -2,33548+2,30079*dc	0,9483
TPDM	FST = -0,68887+0,0778*h+0,65398*dc	0,9565
TMDA	FST = -3,63842+3,05236*dc	0,8914
TMDM	FST = -2,80863+0,08608*h+1,77044*dc	0,9386

Onde:

TPDA: tubete pequeno em arranjo de densidade alta;

TPDM: tubete pequeno em arranjo de densidade média;

TMDA: tubete médio em arranjo de densidade alta;

TMDM: tubete médio em arranjo de densidade média;

h: altura (cm); e

dc: diâmetro de colo (mm).

Como a radiação solar incidente dentro da estufa ( $R_{ge}$ ) é de mais fácil obtenção quando comparada com a  $R_{FAiac}$ , estabeleceu-se a seguinte relação para estimar a quantidade necessária de  $R_{ge}$  acumulada para expedir mudas a campo:

$$R_{gea} = R_{FAiacn} / \alpha$$

Em que:

$R_{gea}$ : radiação solar incidente acumulada dentro da estufa ( $MJ\ m^{-2}$ );

$R_{FAiacn}$ : radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada acumulada necessária para atingir a fitomassa seca de mudas padrões ( $MJ\ m^{-2}$ ), conforme proposto por BEHLING (2011); e

$\alpha$ : coeficiente angular da relação entre a radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada e a  $R_{gea}$  (adimensional).

A radiação solar global dentro da estufa ( $R_{ge}$ ) foi estimada considerando a transmissividade da cobertura plástica de 53% da radiação solar global incidente sobre a cobertura da estufa ( $R_g$ ), que foi medida no início da condução do experimento utilizando-se um piranômetro (LI200X, Li Cor). Os valores de  $R_g$  foram obtidos junto a Estação Climatológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) situada a cerca de 150 m do experimento. Desta maneira, a  $R_{ge}$  foi calculada com base na seguinte expressão:

$$R_{ge} = 0,53 \times R_g$$

Em que:

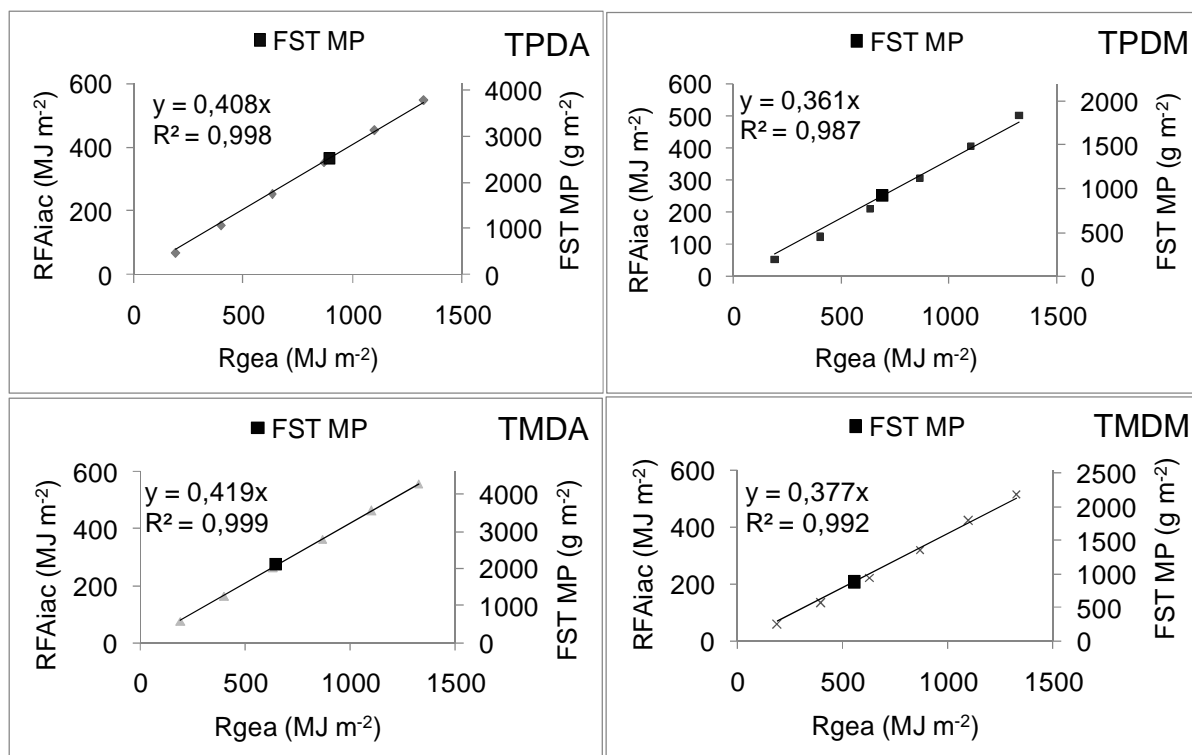
$R_{ge}$ : radiação solar global dentro da estufa ( $MJ\ m^{-2}$ ); e

$R_g$ : radiação solar global incidente sobre a cobertura da estufa ( $MJ\ m^{-2}$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista que a radiação solar incidente dentro da estufa ( $R_{ge}$ ) é de mais fácil obtenção quando comparada com a radiação fotossinteticamente ativa, estima-se que são necessários (Figura 1) aproximadamente  $896\ MJ\ m^{-2}$  para produção de fitomassa de 736 mudas padrões por  $m^2$  em TP, respectivamente  $689\ MJ\ m^{-2}$  em TP para 368 mudas,  $647\ MJ\ m^{-2}$  para 528 mudas em TM e  $557\ MJ\ m^{-2}$  para 264 mudas em TM. A partir deste total de radiação incidente no interior da estufa prediz-se que as mudas estão com padrões recomendados de altura (20 cm) e diâmetro de colo (2,5 mm) para serem submetidas a campo.

No cultivo de mudas, o suprimento de água e nutrientes não se apresentam como fatores limitantes, devido a possibilidade de controle desses elementos, assim, a produção de fitomassa vem ser controlada pela radiação solar, o que foi observado e também proposto por MONTEITH (1965). Desta maneira, o crescimento de mudas de *E. grandis* dependerá da quantidade de radiação fotossintética interceptada e da eficiência de utilização dessa energia no processo fotossintético para produção de fitomassa,



**FIGURA 1.** Relação entre radiação fotossinteticamente ativa interceptada acumulada (RFAiac) e radiação solar incidente dentro da estufa acumulada (Rgea) e estimativa da Rgea necessária para produção de fitomassa seca de mudas padrões (FST MP) de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. Frederico Westphalen – RS.

Onde:

- TPDA: tubete pequeno em arranjo de densidade alta;
- TPDM: tubete pequeno em arranjo de densidade média;
- TMDA: tubete médio em arranjo de densidade alta; e
- TMDM: tubete médio em arranjo de densidade média.

O planejamento da produção de mudas da espécie pode ser realizado com boa confiabilidade, tendo em vista os altos coeficientes de determinação obtidos. Para tanto, é necessário saber a transmissividade do plástico da estufa (que pode ser dada pelo fabricante) e os valores de radiação solar global, que podem ser adquiridos junto a estações meteorológicas mais próximas ou em cartas de radiação solar. Para o Rio Grande do Sul os valores de Rg também podem ser obtidos no trabalho de CARGNELUTTI FILHO *et al.*, (2004).

Os resultados da eficiência de uso da radiação obtidos neste trabalho poderão ser aplicados para diversos tópicos de pesquisa, como recomendado por MANZANARES *et al.*, (1993), tais como, análise de crescimento de plantas, previsão do tempo de cultivo, competição entre plantas e estimativa do potencial de produção.

### CONCLUSÃO

Estima-se que são necessários aproximadamente 896 MJ m<sup>-2</sup> para produção de fitomassa de mudas padrões sob densidade alta em TP, respectivamente 689 MJ m<sup>-2</sup> em TP para densidade média, 647 MJ m<sup>-2</sup> para densidade alta em TM e 557 MJ m<sup>-2</sup> para densidade média de mudas em TM.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro e pela concessão da bolsa.

## REFERÊNCIAS

ATAÍDE, M. G. et al. Efeito da densidade na bandeja sobre o crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Trópica**, Chapadinha, v. 4, n. 2, p.21, 2010. Disponível em: <http://www.periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/ccaatropica/search/advancedResults>. Acesso em 20 fev. 2011.

BEHLING, A. **Eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de mudas de *Eucalyptus grandis* w. hill ex maiden**. Frederico Westphalen: 2011. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) – Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul - CESNORS.

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: SpringerVerlag, 1979. 188 p.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; TRINDADE, J. K. Ajustes de funções de distribuição de probabilidade à radiação solar global no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1157-1166, 2004.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CHINCHILLA, C. M.; UMAÑA, C. H.; RICHARDSON, D. L. Material de desarrollo avanzado en viveros de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.). Espaciamento y volumen de bolsa. **Turrialba**, San José, v. 40, n. 4, p. 428-439, 1990.

DURYEA, M. L. Evaluating seedling quality importance to reforestation. In: DURYEA, M. L. **Evaluating seedling quality principles, procedures, and predictive abilities of major tests**. Corvallis: Forest Research Laboratory Oregon State University, p. 1-6.1985.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2000.

GALLO, D. et al. **Manual de entomologia agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1978. 531 p.

GOMES, J. M. et al. . Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003.

GOMES, J. M. et al. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em "Win-Strip". **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

GOMES, J. M. et al. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de Ipê (*Tabebuia serratifolia*) de Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e de Angico Vermelho (*Piptadenia peregrina*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 26-34, 1990.

GONÇALVES, A. L. Substratos para a produção de plantas ornamentais. In: MINAMI, K. et al. (Eds.). **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: Fundação Salim Farah Maluf, 1995. 128 p.

GONZALES, R. A. Estudio sobre el comportamiento em vivero de *Pinus caribaea* var. *caribaea* cultivado en envases de polietileno de 12 dimensiones diferentes. **Revista Forestal Baracoa**, La Habana, v. 18, n. 1, p. 39-51, 1988.

KUNZ, J. H. et al. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007.

MANZANARES, M. et al. Yield and development of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) crop in relation to water and interception radiation. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 5, n. 5, p. 337-345, 1993.

MONTEITH, J. L. Light distribution and photosynthesis in field crops. **Annals of Botany**, Oxford, v. 29, p. 17- 37, 1965.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Viveiros florestais**. Viçosa: UFV, 1995. 56 p.

PARVIAINEN, J. V. Initial development of root systems of various types of nursery stock for scots pine. **Folia Forestalia**, Helsinki, v. 268, p. 2-21, 1976.

SANTOS, C. B. et al. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L. F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2000.

SIMÕES, J. W. **Problemática da produção de mudas em essências florestais**. Série Técnica - IPEF, v. 4, n. 13, p. 1- 29, 1987.

STEWART, D. W. et al. Canopy structure, light interception and photosynthesis in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 95, p. 1465-1474, 2003.

STURION, J. A.; GRAÇÃ, L. R.; ANTUNES, J. B. M. **Produção de mudas de espécies de rápido crescimento por pequenos produtores**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 20 p. (Circular Técnica, 37).