

## INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO NA INTERCEPTAÇÃO DE RADIAÇÃO DO DOSEL VEGETATIVO DE ESPÉCIES ARBÓREAS

---

Elder Eloy<sup>1</sup>, Braulio Otomar Caron<sup>2</sup>, Alexandre Behling<sup>3</sup>, Elvis Felipe Elli<sup>4</sup> e Gean Charles Monteiro<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil ([eloyelder@yahoo.com.br](mailto:eloyelder@yahoo.com.br)).

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Adjunto da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen, RS – Brasil.

<sup>3</sup> Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR – Brasil.

<sup>4</sup> Graduando do Curso de Agronomia, Bolsista do CNPq, Universidade Federal de Santa Maria *campus* Frederico Westphalen, RS – Brasil.

---

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

---

### RESUMO

A energia de radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel vegetativo está diretamente relacionada com diversos processos fisiológicos dos vegetais. O objetivo do trabalho foi avaliar a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa nas espécies florestais: *Acacia mearnsii* De Wild, *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Mimosa scabrella* Benth e *Ateleia glazioviana* Baill, submetidas aos níveis de espaçamento: 3,0 x 1,5 m, 3,0 x 1,0 m, 2,0 x 1,5 m e 2,0 x 1,0 m. A coleta de dados de radiação foi realizada aos 34 meses após o plantio. Os pontos de amostragens foram realizados entre as plantas na linha e na entre-linha de plantio. O espaçamento entre as plantas influencia significativamente na quantidade de radiação fotossinteticamente ativa que chega ao interior do povoamento. A espécie *E. grandis* apresentou as maiores porcentagens de interceptação da radiação, tanto na linha (90,76% e 81,78%) como na entre linha (72,08% e 57,44%) de plantio nos espaçamentos mais e menos adensados (2,0 x 1,0 e 3,0 x 1,5 m), respectivamente. Quanto menor o espaçamento de plantio, maior é o fechamento do dossel pela cultura, e menor a incidência da radiação no interior do povoamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** diferentes espaçamentos, recursos dendroenergéticos, competição por luz.

### INFLUENCE OF VEGETATIVE CANOPY INTERCEPTION OF TREE SPECIES IN RADIATION

#### ABSTRACT

The energy of radiation photosynthetically active intercepted by the vegetative dossal is directly related with several physiologic processes of the vegetables. The objective of the work was to evaluate the interception of the radiation photosynthetically active in the forest species: *Acacia mearnsii* De Wild, *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Mimosa scabrella* Benth e *Ateleia glazioviana* Baill, submitted at the spacing levels:

3,0 x 1,5 m, 3,0 x 1,0 m, 2,0 x 1,5 m e 2,0 x 1,0 m. the radiation data collection was accomplished to the 34 months after the planting. The points of samplings were accomplished among the plants in the line and in the planting among-line. The spacing among the plants influences significantly in the amount of radiation photosynthetically active that arrives to the interior of the settlement. The species *E. grandis* presented the largest percentages of interception of the radiation, so much in the line (90,76% and 81,78%) as in the enters line (72,08% and 57,44%) of planting in the more spacings and fewer condensed (2,0 x 1,0 and 3,0 x 1,5 m), respectively. As smaller the planting spacing, adult is the closing of the dossal for the culture, and smaller the incidence of the radiation inside the settlement.

**KEYWORDS:** different spacings, woodenergy resources, competition for light.

## INTRODUÇÃO

Em um sistema de produção florestal, recursos dendroenergéticos visam maior produção e biomassa por unidade de área, em menor espaço de tempo. Assim, aliado ao propósito de exploração em sistema adensado, com o objetivo de produção de biomassa, surge o conceito de plantios de curta rotação (MÜLLER, 2005).

A energia de radiação solar absorvida no dossel vegetativo torna-se uma variável de grande importância, pois diversos processos fisiológicos das plantas relacionam-se diretamente com a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), radiação global incidente e temperatura do ar, influenciando na eficiência do desenvolvimento das plantas (CARON et al., 2003). A energia de radiação solar absorvida pelas plantas é fator determinante da taxa fotossintética e pode limitar a produção e o acúmulo de biomassa (PILAU, 2005).

A RFA tende a decrescer exponencialmente no perfil do dossel, aumentando o índice de área foliar a partir do topo do mesmo. Com isso, a eficiência de interceptação da radiação aumenta com o crescimento da área foliar, estabilizando no momento em que se atinge o máximo de cobertura arbórea (PILAU, 2005).

Espécies que apresentam folhas eretas têm um baixo coeficiente de extinção, ao passo de que folhas horizontais tendem a apresentar maiores valores deste coeficiente. Baixos valores do mesmo são mais eficazes na transmissão da radiação para o interior do dossel, podendo influenciar diretamente no aproveitamento da energia incidente (MÜLLER & BERGAMASCHI et al., 2005).

Em média, cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu ciclo é resultado da atividade fotossintética, tal qual é diretamente influenciada pela disponibilidade de radiação solar do período de cultivo (BENINCASA, 2003).

A utilização eficiente da radiação para cada espécie é influenciada pelo índice de área foliar, além de parâmetros físicos e biológicos que determinam a absorção da radiação incidente. O ângulo de inserção da folha, interceptação de luz por outras partes da planta, arranjo de folhas na planta e de plantas no campo, características de absorção de luz pela folha e quantidade de radiação incidente modificam a quantidade de radiação solar interceptada (ARGENTA et al., 2001).

A maneira como a RFA é interceptada pelo dossel das plantas reflete na eficiência fotossintética e no desenvolvimento da cultura, portanto fatores como forma, densidade populacional e espaçamento, afetam a distribuição da área foliar no dossel das plantas e, conseqüentemente, a quantidade de energia da radiação solar incidente (STEWART et al., 2003).

Nos espaçamentos menores devido à rápida formação do dossel a necessidade de tratamentos culturais é menor quando comparadas aos espaçamentos maiores (AMBIENTE BRASIL, 2009). O aumento da interceptação de radiação solar provoca a diminuição da necessidade de manejo das plantas daninhas, ao passo de que na medida em que ocorre a formação do dossel das espécies florestais, há uma elevação do nível desta interceptação.

Dentro deste contexto, o trabalho teve como objetivo avaliar a influência dos diferentes espaçamentos de plantio na interceptação de radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel de espécies florestais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no experimento que está sendo conduzido com o objetivo de avaliar a produção de madeira para a obtenção de recursos dendroenergéticos, implantado com as espécies *Acacia mearnsii*, *Eucalyptus grandis*, *Mimosa scabrella* e *Ateleia glazioviana* submetidas a diferentes condições de espaçamento: 3,0 x 1,0 m, 3,0 x 1,5 m, 2,0 x 1,0 m e 2,0 x 1,5 m.

O experimento está localizado em área pertencente ao Laboratório de Agroclimatologia vinculado à Universidade Federal de Santa Maria/Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul (CESNORS), sob coordenadas geográficas de 27°22" S; 53°25" W, a 480 m de altitude, no município de Frederico Westphalen – RS.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cfa. Frederico Westphalen está distante de Iraí aproximadamente 30km, sendo o município tomado como referência para os dados de classificação climática. Conforme proposta de MALUF (2000), Iraí apresenta clima de tipo subtemperado subúmido, sendo a temperatura média anual de 18,8°C e temperatura média do mês mais frio de 13,3°C.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados em arranjo fatorial 4 x 4, sendo quatro espécies florestais, quatro espaçamentos e três repetições, no esquema de parcelas subdivididas, onde a parcela é representada pelo espaçamento mais espécie e a subparcela pela idade de aferição dos dados. O bloco contempla 16 unidades experimentais, sendo que cada uma possui 45 plantas distribuídas em cinco linhas. As unidades experimentais foram divididas em quatro subparcelas, sendo cada, composta por três plantas.

A avaliação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi realizada em todas as espécies às 12h00min, aos 36 meses após o plantio. A medição foi realizada em duas posições entre as plantas: na linha, denominada de R<sub>1</sub>, e na entre-linha de plantio, denominada de R<sub>2</sub>. A determinação foi feita com um medidor de radiação, acoplado a um quantômetro (Q21069-LI-COR Quantum) nas duas posições, utilizando-se a equação:

$$\% \text{ interceptação} = [100 - (R_n \times 100/R_t)]$$

Onde: R<sub>n</sub> = radiação luminosa incidente em R<sub>1</sub> ou R<sub>2</sub>; R<sub>t</sub> = radiação luminosa total incidente na parte superior do dossel.

Na linha do plantio, as avaliações foram feitas na posição mediana entre as plantas, ou seja, a 0,5 m nos espaçamentos 2,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,0 m; e a 0,75 m das mesmas nos espaçamentos 2,0 x 1,5 m e 3,0 x 1,5 m. Na entre-linha de plantio as medições de PAR foram feitas na posição mediana entre as linhas, ou seja, a 1,0 m para os espaçamentos 2,0 x 1,0 m e 2,0 x 1,5 m; e 1,5 m para os espaçamentos 3,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,5 m. Todas as leituras foram feitas a 0,15 m de altura.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística através do *software* “*Statistical Analysis System*” (SAS, 2003), em que determinou-se a análise de variância, análise de regressão, teste F e o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância pode-se observar diferença significativa na linha e na entre-linha de plantio para as variáveis espécie e espaçamento. Na entre-linha, as quatro espécies apresentaram diferença significativa em relação aos quatro espaçamentos estudados. Esta característica, também foi observada na linha de plantio para as espécies *Mimosa scabrella* e *Acacia mearnsii* (Tabela 1).

**TABELA 1.** Análise de variância para a interceptação da radiação luminosa na linha e entre-linha de plantio das espécies florestais distribuídas nos diferentes espaçamentos.

Efeito Principal				
Fator de estudo	Grau de Liberdade	Quadrado Médio		
		Linha	Entre linha	
Espécie	3	5011,60*	3817,28*	
Espaçamento	3	477,86*	644,11*	
Espécie x Espaçamento	9	11,96*	12,21*	
R <sup>2</sup>		0,95	0,94	
CV (%)		8,34	13,56	
Total	15			
Efeito Simples				
Espécie x Espaçamento				
Espécie	<i>E. grandis</i>	3	69,55 <sup>ns</sup>	290,14*
	<i>A. mearnsii</i>	3	202,43*	151,56*
	<i>M. scabrella</i>	3	165,66*	84,79*
	<i>A. glazioviana</i>	3	76,10 <sup>ns</sup>	154,26*
Espaçamento (m)	2,0 x 1,0	3	1246,96*	1144,57*
	2,0 x 1,5	3	1292,56*	999,98*
	3,0 x 1,0	3	1305,99*	827,55*
	3,0 x 1,5	3	1201,97*	881,81*

\* = significativo a 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> = não significativo a 5% de probabilidade.

Tanto no sentido da linha de plantio como na entre-linha, observou-se as maiores médias de porcentagem de interceptação de radiação luminosa nos espaçamentos que se apresentam mais adensados, e que apresentam as menores áreas úteis para o desenvolvimento dos dosséis das plantas.

A espécie florestal *Eucalyptus grandis* apresentou os maiores valores de interceptação da radiação entre as espécies estudadas, sendo observado comportamento semelhante quando relacionado aos menores espaçamentos presentes tanto na linha quanto na entre linha de plantio. Nos espaçamentos 2,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,5 m, na linha de plantio as porcentagens de interceptação: 90,76% e 81,78%, e na entre linha: 70,46% e 51,73%, respectivamente. Já a *Acacia mearnsii*,

apresentou para a mesma característica e espaçamentos, no sentido linha, as médias: 72,08% e 57,44%, e na entre linha: 44,59% e 30,64% (Tabela 2).

**TABELA 2.** Intercepção da radiação luminosa na linha e na entre-linha de plantio das espécies florestais distribuídas nos diferentes espaçamentos.

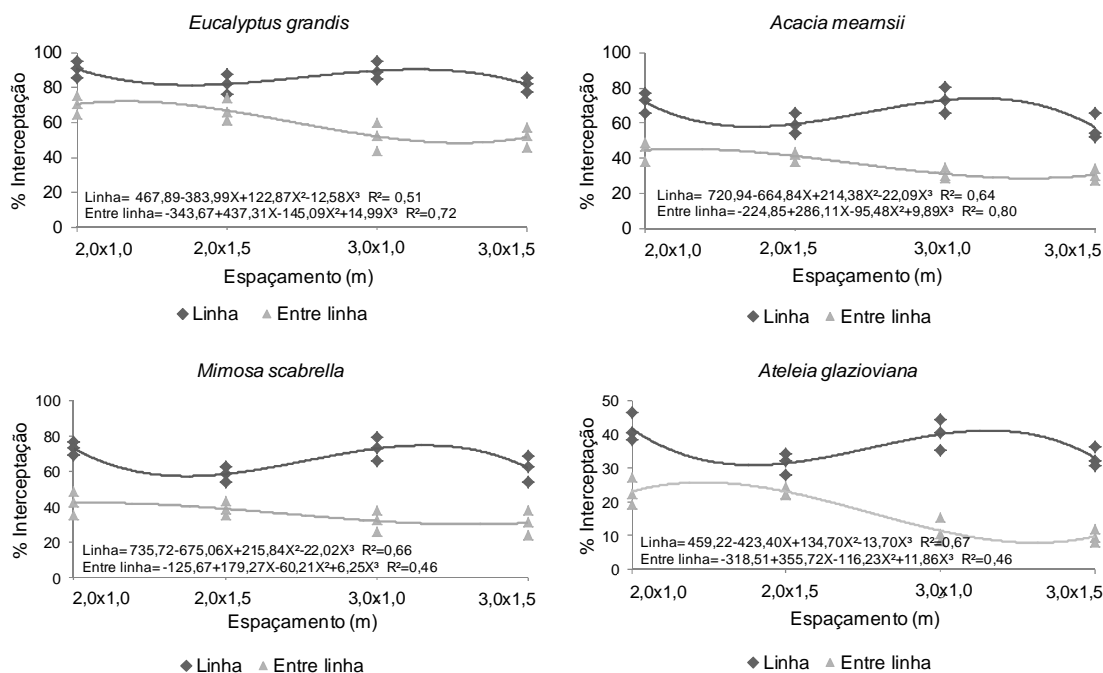
Fator	Espécie	Espaçamento (m)			
		2,0x1,0	2,0x1,5	3,0x1,0	3,0x1,5
Linha	<i>E. grandis</i>	90,76 a	82,12 a	89,76 a	81,78 a
	<i>A. mearnsii</i>	72,08 b	59,44 b	73,08 b	57,44 b
	<i>M. scabrella</i>	72,76 b	58,44 b	72,71 b	61,77 b
	<i>A. glazioviana</i>	41,61 c	31,38 c	39,94 c	33,04 c
Entre Linha	<i>E. grandis</i>	70,46 a	67,05 a	52,06 a	51,73 a
	<i>A. mearnsii</i>	44,59 b	41,26 b	31,05 b	30,64 b
	<i>M. scabrella</i>	42,01 b	38,93 b	12,05 b	31,05 b
	<i>A. glazioviana</i>	22,93 c	22,91 c	11,39 c	9,74 c

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de confiança.

De acordo com LEITE et al. (1999), para *Eucalyptus grandis*, o aumento no espaçamento de plantio, propicia maiores conteúdos de água no solo, da mesma forma que, quanto maior a biomassa foliar, menor o conteúdo total de água no solo e maior a quantidade de biomassa total produzida. A quantidade de radiação interceptada, em razão de maior índice de área foliar ou massa foliar, interfere no conteúdo de água no solo, o que pode implicar maior eficiência hídrica das plantas.

A proporção de energia solar que é convertida em energia química e a quantidade de biomassa produzida dependem em grande escala da porcentagem de radiação solar interceptada e da eficiência com que as plantas utilizam a mesma. Os arranjos arquitetônicos do dossel, além do ambiente, interferem neste processo (SQUIRE, 1993; IDINOBA et al., 2002).

No sentido linha, observou-se para as quatro espécies, que nos espaçamentos 2,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,0 m, pelo fato das plantas estarem distanciadas a cada 1 m, a intercepção da radiação luminosa foi superior aos espaçamentos 2,0 x 1,5 m e 3,0 x 1,5 m que apresentavam 1,5 m de distância a cada planta (Figura 1).



**FIGURA 1.** Porcentagem de interceptação de radiação luminosa na linha e na entre-linha de plantio das espécies florestais *Eucalyptus grandis*, *Acacia mearnsii*, *Ateleia glazioviana* e *Mimosa scabrella* distribuídas nos diferentes espaçamentos: 2,0x1,0 m; 2,0x1,5 m; 3,0x1,0 m e 3,0x1,5 m.

No sentido entre-linha, observou-se certa similaridade ao sentido da linha de plantio, pois esta característica de maiores valores de interceptação de radiação em maiores densidades de plantio, também prevaleceu. Sendo observado nos espaçamentos 2,0 x 1,0 m e 2,0 x 1,5 m, que apresentam 2 m entre as plantas, uma maior interceptação da radiação, quando comparado com os demais espaçamentos estudados, que apresentam uma densidade menor de plantas por unidade de área (Figura 1).

A maior interceptação observada para *Eucalyptus grandis* está relacionado com o rápido fechamento do dossel, tanto na linha como na entre linha de plantio. Esta característica apresenta como consequência a limitação desta variável meteorológica que ultrapassa o extrato e que chega no interior do povoamento florestal, acarretando o sombreamento do solo e, conseqüentemente, redução da incidência da matocompetição.

Esta condição está relacionada diretamente ao rápido crescimento dessa espécie, que por sua vez proporciona um maior sombreamento do solo, reduzindo as plantas infestantes. Esta característica, influencia diretamente na aplicação de atividades culturais, como o coroamento e a roçada, que são realizadas no interior povoamento florestal. Para AMBIENTE BRASIL (2009) quanto menor o espaçamento entre as plantas, mais cedo será dispensado o manejo das plantas indesejáveis.

A otimização da densidade e distribuição das folhas determina a eficiência na absorção da radiação solar. Esta característica pode ser obtida através da manipulação da densidade e do arranjo espacial dos cultivos (RODRÍGUEZ, 2006). Em situações em que há maior interceptação, maior quantidade de energia luminosa

é convertida em energia química, levando ao maior crescimento da espécie (LEITE, 1996).

Resultados encontrados por LEITE et al. (1997), trabalhando com *Eucalyptus grandis*, demonstraram que a correlação entre características da copa, produção de biomassa e radiação interceptada é significativa. Portanto, diversas variações na produção de biomassa de povoamentos florestais ocorrem devido as variações na interceptação de luz, que indica que as características relacionadas a copa das árvores definem o crescimento das plantas.

O menor gradiente de interceptação da radiação existente em *Ateleia glazioviana* foi influenciado pelo comportamento caducifólio que a mesma apresenta, ou seja, perde suas folhas durante nos meses mais frios (outono e inverno), isso acarreta uma redução da área foliar da planta e, conseqüentemente, uma diminuição significativa de interceptação de RFA no dossel vegetativo. Essa característica observada também está diretamente relacionada com o seu crescimento que é considerado lento a demorado, conforme CARVALHO (2003).

Segundo LEITE et al. (1999), trabalhando com *Eucalyptus grandis*, em parcelas com menores espaçamentos, a evapotranspiração (ETc) da cultura tende a ser menor no período seco e maior no período de maior disponibilidade de água no solo, portanto a maior ETc nas parcelas mais densas durante o período de elevada disponibilidade de água não é mantida nos períodos em que ocorre decréscimo dessa disponibilidade.

O estudo da interceptação da radiação luminosa torna-se importante também, quando leva-se em consideração a aplicação de possíveis práticas silviculturais. Pois, a menor incidência desta variável meteorológica que chega ao interior do povoamento, ocasiona a morte dos galhos presentes na parte inferior das plantas, promovendo a desrama natural. Desta forma, influenciando diretamente na qualidade da madeira produzida e, conseqüentemente, na mão-de-obra aplicada nas atividades culturais e silviculturais.

## CONCLUSÕES

O espaçamento entre as plantas influencia na quantidade de radiação fotossinteticamente ativa que chega ao interior do povoamento. Quanto menor o espaçamento de plantio, maior é o fechamento do dossel pela cultura, e menor a incidência da radiação no interior do povoamento.

O *Eucalyptus grandis* apresenta as maiores médias de interceptação da radiação nos diferentes espaçamentos estudados.

## REFERÊNCIAS

AMBIENTE BRASIL. Disponível em: <http://www.guiaflorestal.com.br/?pg=lerartigo&id=83>. Acesso em: 22 de setembro de 2011.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado da arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2003.

CARON, B. O. et al. Influência da temperatura do ar e radiação solar no acúmulo de fitomassa da alface. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 275-283, 2003.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1.039p.

IDINOBA, M.E.; IDINOBA, P.A.; GBADEGESINB, A.S. Radiation interception and its efficiency for dry matter production in three crop species in the transitional humid zone of Nigeria. **Agronomie**, 22: 273–281. 2002.

LEITE, F. P.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SANS, L. M. A.; FABRES, S. A. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, v. 21, p. 313-321, 1997.

LEITE, F. P.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SANS, L. M. A.; FABRES, S. A. Relações hídricas em povoamento de eucalipto com diferentes densidades populacionais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 9-16, 1999.

LEITE, F. P. **Crescimento, relações hídricas, nutricionais e lumínicas em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais**. 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

MALUF, J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000.

MÜLLER, A. G.; BERGAMASCHI, H. Eficiências de interceptação, absorção e uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zea mays* L.), em diferentes disponibilidades hídricas e verificação do modelo energético de estimativa da massa seca acumulada. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 27-33, 2005.

MÜLLER, M. D. **Produção de madeira para geração de energia elétrica numa plantação clonal de eucalipto em Etamarandiba, MG**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, p. 94, 2005.

PILAU, F. G. **Saldo de radiação da copa de laranjeira num pomar e de renques de cafeeiros: medidas e estimativas**. Piracicaba – SP, 2005. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia) ESALQ. Piracicaba, 2005.

RODRÍGUEZ, M. W. **Interceptación de la luz y fotosíntesis del dosel. Arquitectura Vegetal e Interceptación de la luz**. In: Villalobos, E. (ed). Serie Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. Vol.6. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José. P. 57 – 81. 2006.

SAS LEARNING EDITION. **Getting started with the SAS Learning Edition**. Cary. 2003. 200p.

SQUIRE, G.R. The physiology of tropical crop production. Wallingford, **C.A.B. International**, 236 p. 1993.



STEWART, D. W.; COSTA, C.; DWYER, L. M.; SMITH, D. L.; HAMILTON, R. I.; MA, B. L. Canopy structure, light interception and photosynthesis in maize. **Agronomy Journal**, v. 95, p. 1465-1474, 2003.