



INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO NA ALTURA E DIÂMETRO DA COPA DE QUATRO ESPÉCIES ARBÓREAS

Elder Eloy¹, Braulio Otomar Caron², Velci Queiróz de Souza², Alexandre Behling³, Elvis Felipe Elli⁴

¹ 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).

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

³ Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

⁴ 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

O objetivo deste trabalho foi avaliar variáveis morfológicas de altura total, altura de inserção da copa e diâmetro da copa na linha e entre linha de plantio das 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 avaliação foi realizada aos 36 meses após o plantio. A determinação do diâmetro da copa consistiu na mensuração da largura em relação as duas direções na planta, ou seja, no sentido da linha e entre linha de plantio e as avaliações que correspondem a altura total e a altura de inserção da copa foram obtidas com o auxílio do hipsômetro digital Vertex[®]. A densidade de plantio influencia significativamente nas variáveis morfológicas estudadas. Na medida em que aumenta a densidade de plantio, a altura total e a altura de inserção da copa apresentam comportamento similar. A espécie *Eucalyptus grandis* apresenta as maiores médias de altura total, altura de inserção da copa, nos diferentes espaçamentos estudados.

PALAVRAS-CHAVE: recursos dendroenergéticos, arranjos espaciais, competição por luz.

INFLUENCE OF SPACING IN HEIGHT AND DIAMETER OF THE CUP OF FOUR FOREST SPECIES

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate morphologic variables of total height, height of insert of the cup and diameter of the cup in the line and among line of planting of 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 evaluation was accomplished to the 36 months after the planting. The determination of the diameter of the cup consisted of the mensuration of the width in relationship the two directions

in the plant, in other words, in the sense of the line and among line of planting and the evaluations that correspond the total height and the height of insert of the cup they were obtained with the aid of the digital hipsometer Vertex®. The planting density influences significantly in the studied morphologic variables. In the measure in that it increases the planting density, the total height and the height of insert of the cup present similar behavior. The species *Eucalyptus grandis* presents the largest averages of total height, height of insert of the cup, in the different studied spacings.

KEYWORDS: woodenergy resources, space arrangements, competition for light.

INTRODUÇÃO

A utilização de material lignocelulósico, em especial a madeira, é bastante comum para a produção de energia, podendo ser aproveitada em setores industriais e agroindustriais, na forma de calor. A produção de biomassa para bioenergia e sua qualidade podem ser influenciadas pelo arranjo no qual o espaçamento está disposto, assim como, pelo ciclo de corte do povoamento.

O uso da biomassa como insumo energético, é uma tendência mundial, pois faz-se necessária a redução da emissão de poluentes de origens fósseis, sendo os plantios florestais com fins energéticos uma importante fonte de matéria prima, para a produção de energia renovável ecologicamente correta. 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).

Considerando o consumo médio anual de dois metros cúbicos de madeira per capita, estima-se que em torno de 30 milhões de pessoas dependem desta matéria prima como fonte de energia domiciliar no Brasil (BRITO & CINTRA, 2004). Ao todo 321 milhões de metros cúbicos de madeira são consumidos, sendo que 69% são destinados a geração de energia. Desta percentagem, 39% são utilizados por siderúrgicas (carvão), 32% para o setor residencial, 21% no setor industrial (celulose, alimentos, bebidas, cimento) e 6% para o setor agrícola (BRITO et al., 2007).

Em espaçamentos adensados, a maior competição por luz e espaço que se estabelece entre as árvores, acelera a estagnação do crescimento volumétrico. Todavia, os povoamentos de eucaliptos plantados em espaçamentos fechados, inicialmente produzem uma grande quantidade de biomassa foliar, exigindo um desbaste ainda na idade juvenil (LADEIRA et al., 2001).

A fonte de energia de uma árvore é a luz do sol, que é transformada pelo processo de fotossíntese em energia química, sendo a copa o órgão responsável por esse processo. Neste sentido, as variáveis como superfície, diâmetro, comprimento e altura da copa estão diretamente relacionadas com o crescimento e a produção de biomassa. Tais variáveis são modificadas pela concorrência entre as plantas, considerando-se que a luz solar e o vento são os principais fatores responsáveis por essas modificações, ou seja, quanto mais adensado o povoamento florestal, menor a quantidade de luz que atingirá as camadas subsequentes do dossel, ocasionando a morte dos galhos nestas posições (NUTTO, 2001).

A forma como a radiação fotossinteticamente ativa é interceptada e absorvida pelas plantas, é o fator determinante da taxa fotossintética, podendo limitar a produção e o acúmulo de biomassa e, conseqüentemente, o seu desenvolvimento (CARON et al., 2003; PILAU, 2005). Assim, fatores como forma, densidade populacional e espaçamento entre linhas, afetam a distribuição da área foliar no

dossel (STEWART et al., 2003).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar influência de diferentes espaçamentos em relação à altura total, altura de inserção e diâmetro da copa das espécies florestais: *Acacia mearnsii*, *Eucalyptus grandis*, *Mimosa scabrella* e *Ateleia glazioviana* no norte do Rio Grande do Sul.

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 nos diferentes espaçamentos: 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 coleta dos dados foi realizada aos 36 meses após o plantio das espécies florestais. As avaliações que correspondem a altura total e a altura de inserção da copa foram obtidas com o auxílio do hipsômetro digital Vertex[®]. Já a avaliação do diâmetro da copa, utilizou-se trena graduada em milímetros, sendo mensurada da largura da copa nas duas direções da planta, ou seja, no sentido da linha (R₁) e entre linha (R₂) de plantio.

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, pôde-se observar diferença significativa para a espécie e espaçamento, frente às quatro variáveis estudadas. Já para a interação espécie x espaçamento, esta característica foi verificada na variável diâmetro da copa na linha para *Acacia mearnsii* e *Mimosa scabrella* e para a variável altura de inserção da copa, somente para a espécie *Mimosa scabrella* (Tabela 1).

TABELA 1. Análise de variância para as variáveis altura total, altura de inserção da copa, diâmetro da copa na linha e diâmetro da copa na entre linha de espécies florestais distribuídas em diferentes espaçamentos.

		Efeito Principal			
Fator de estudo	Grau de Liberdade	Quadrado Médio (Copa)			
		Altura total	Altura de Inserção	Diâmetro da copa na linha	Diâmetro da copa na entre linha
Espécie	3	1315,7395*	438,1927*	17,4996*	15,4032*
Espaçamento	3	20,0219*	17,2182*	2,2832*	2,8567*
Espécie x espaçamento	9	4,9676 ^{ns}	2,8058*	1,2181*	0,2792 ^{ns}
R ²		0,80	0,80	0,76	0,71
CV (%)		22,59	28,76	33,52	28,84
		Efeito Simples			
		Espécie x Espaçamento			
Espécie	<i>A. mearnsii</i>	--	0,8823 ^{ns}	2,7038*	--
	<i>M. scabrella</i>	--	20,2677*	1,2245*	--
	<i>E. grandis</i>	--	10,0058 ^{ns}	0,7791 ^{ns}	--
	<i>A. glazioviana</i>	--	0,9087 ^{ns}	0,7284 ^{ns}	--
Espaçamento (m)	2,0 x 1,0	--	128,8851*	7,4917*	--
	2,0 x 1,5	--	123,0300*	3,3417*	--
	3,0 x 1,0	--	106,8140*	5,0946*	--
	3,0 x 1,5	--	97,3587*	4,9218*	--

* = significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade.

A espécie florestal *Eucalyptus grandis* apresentou os maiores valores correspondentes a altura total e altura de inserção da copa, quando comparado com as demais espécies, em todos os espaçamentos estudados. Quando analisado o diâmetro da copa na entre linha de plantio, as espécies *Acacia mearnsii* e *Eucalyptus grandis* foram superiores as demais. Da mesma forma, observou-se comportamento similar destas espécies frente à variável diâmetro da copa no sentido da linha de plantio (Tabela 2). SCHNEIDER (2001) cita que o gênero *Acacia* tem característica de rápido crescimento e conseqüentemente maior desenvolvimento da cobertura arbórea.

TABELA 2. Teste de média para as variáveis altura total, altura de inserção da copa, diâmetro da copa na linha e na entre linha de plantio de espécies florestais distribuídas em diferentes espaçamentos.

Espécie	Espaçamento (m)			
	2,0 x 1,0	2,0 x 1,5	3,5 x 1,0	3,0 x 1,5
Altura total (m)				
<i>A. mearnsii</i>	6,87 b	6,25 c	5,29 bc	5,67 b
<i>M. scabrella</i>	7,48 b	7,45 b	5,79 b	5,50 b
<i>E. grandis</i>	13,26 a	12,70 a	12,63 a	12,72 a
<i>A. glazioviana</i>	4,84 c	4,79 c	4,59 c	4,57 b
Altura de inserção da copa (m)				
<i>A. mearnsii</i>	1,84 c	1,41 c	1,40 c	1,07 b
<i>M. scabrella</i>	3,72 b	3,39 b	2,12 b	1,86 b
<i>E. grandis</i>	7,14 a	6,79 a	6,07 a	5,81 a
<i>A. glazioviana</i>	2,35 c	2,27 c	2,14 b	1,93 b
Diâmetro da copa na linha (m)				
<i>A. mearnsii</i>	2,75 a	2,42 a	1,83 b	3,09 a
<i>M. scabrella</i>	1,36 c	1,80 b	1,35 c	1,64 c
<i>E. grandis</i>	1,95 b	2,09 ab	2,31 a	2,29 b
<i>A. glazioviana</i>	1,28 c	1,46 c	1,45 bc	1,68 c
Diâmetro da copa na entre linha (m)				
<i>A. mearnsii</i>	2,45 a	2,57 a	2,71 a	3,12 a
<i>M. scabrella</i>	1,69 b	1,88 b	1,98 b	1,96 b
<i>E. grandis</i>	2,43 a	2,34 a	2,81 a	2,82 a
<i>A. glazioviana</i>	1,72 b	1,74 b	2,18 b	1,97 b

* Médias seguidas pela mesma letra, dentro da coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

De acordo com o teste de médias (Tabela 2) e análise de regressão (Figura 1C), pode-se observar, de modo geral, que nos espaçamentos menores, os valores de altura total e altura de inserção da copa apresentaram os maiores valores, quando comparado com os espaçamentos maiores, isso devido a maior competição existente entre as plantas. A espécie *Ateleia glazioviana* apresentou os menores valores de altura total da copa. Essa característica observada está diretamente relacionada com o seu crescimento que é considerado lento a demorado, conforme CARVALHO (2003).

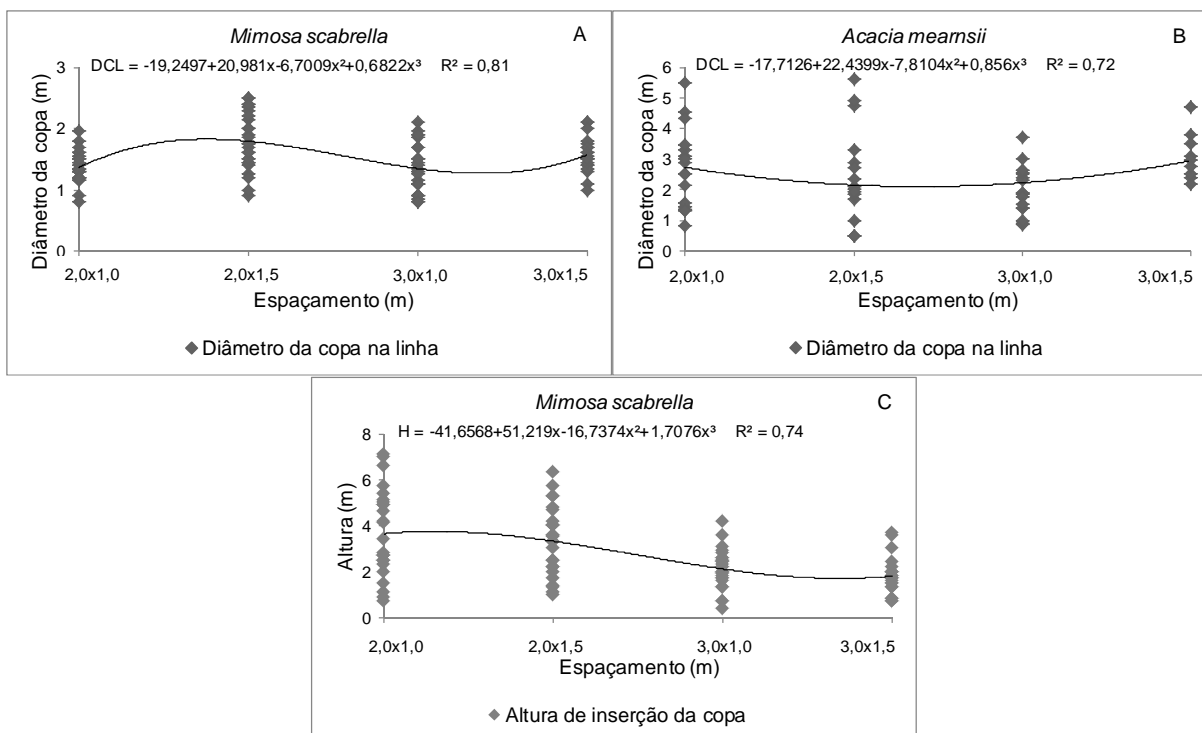


FIGURA 1. Equações de regressão para o diâmetro da copa na linha de plantio (DCL) das espécies florestais *Mimosa scabrella* (A) e *Acacia mearnsii* (B) e para altura de inserção da copa (H) de *Mimosa scabrella* (C) distribuídas nos diferentes espaçamentos: 2,0x1,0 m; 2,0x1,5 m; 3,0x1,0 m e 3,0x1,5 m.

No sentido da entre linha de plantio, de modo geral, observou-se para as quatro espécies que os maiores diâmetros de copa se apresentam nos espaçamentos 3,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,5 m, devido à maior área útil existente neste sentido, sendo que as plantas estão distantes a cada 3 m, apresentando-se superiores aos espaçamentos 2,0 x 1,0 m e 2,0 x 1,5 m que se distanciam a cada 2 m entre as plantas (Tabela 2). Já na linha de plantio, esta característica foi observada para todas as espécies nos espaçamentos 2,0 x 1,5 m e 3,0 x 1,5 m que apresentam 1,5 m de distância a cada planta, com exceção da *Acacia mearnsii* (Tabela 2 e Figura 1A).

Estes resultados estão de acordo com STERBA (2006), que em seus trabalhos em diferentes povoamentos florestais, observou que a pressão lateral desempenhada pelas árvores do povoamento, influenciada por diferentes espaçamentos de plantio, provoca a redução na largura da copa, evitando a expansão lateral dos galhos, acarretando em uma diminuição da área de projeção de copa. Como consequência desses fatores, ocorre um maior estreitamento e altura da copa nos espaçamentos menores, influenciada pela busca da radiação solar presente no dossel vegetativo. Da mesma forma, PADOIN & FINGER (2010) relatam que a relação existente entre as dimensões da copa e do tronco procuram descrever a capacidade de crescimento e produção das árvores e, conseqüentemente, de florestas. Portanto, relações entre diâmetro e comprimento de copa, assim como da altura e diâmetro da árvore apresentam crucial importância nos estudos de competição em povoamentos florestais, sustentando futuras decisões sobre desbaste.

Resultados semelhantes foram 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. Desta forma, 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 influenciam no crescimento das plantas.

A concorrência observada nos diferentes espaçamentos estudados é um dos fatores responsáveis pela modificação nas formas das copas. Assim, quanto maior a densidade do povoamento, menor será a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa que atingirá as camadas subseqüentes do dossel, motivando a senescência dos galhos localizados nessas posições, ou seja, ocorrência de desrama natural. Dessa forma, diretamente relacionado com a densidade de plantio, está a aplicação de práticas silviculturais empregadas nos povoamentos florestais, o que influencia diretamente na qualidade da madeira produzida, e conseqüentemente, na mão-de-obra aplicada nas atividades silviculturais.

CONCLUSÕES

O espaçamento influencia na altura total, altura de inserção da copa, diâmetro da copa na linha e no diâmetro da copa na entre linha de plantio. Nos espaçamentos menores a altura total e altura de inserção da copa apresentaram os menores valores em relação aos maiores espaçamentos de plantio.

A espécie *Eucalyptus grandis* apresenta as maiores médias de altura total e altura de inserção da copa nos diferentes espaçamentos estudados.

REFERÊNCIAS

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, v.21, n.59, p.185-193, 2007.

BRITO, J. O.; CINTRA, T. C. Madeira para energia no Brasil: Realidade, visão estratégica e demandas de ações. **Biomassa & Energia**, Viçosa, MG. v.1, n.2, p.157-163, 2004.

CARON, B. O.; MONFRON, P. A.; LÚCIO, A. D.; SCHMIDT, D.; MEDEIROS, S. L. P.; BONNECARRÈRE, A. G.; NETO, D. D. Influência da temperatura do ar e radiação solar no acúmulo de fitomassa da alfaca. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v.11, n.2, p.275-283, 2003.

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

LADEIRA, B. C.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos, em uma seqüência de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, v.25, n.1, p.69-78, 2001.

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

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, M. D. **Produção de madeira para geração de energia elétrica numa plantação clonal de eucalipto em Etamarandiba, MG.** 2005. 108p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NUTTO, L.; TONINI, H.; BORSOI, G. A.; MOSKOVICH, F. A.; SPATHELF, P. **Utilização dos parâmetros da copa para avaliar o espaço vital em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm.** (Boletim de Pesquisa Florestal), Colombo, n.42, p.123-138, jan. 2001.

PADOIN, V.; FINGER, C. A. G. Relações entre as dimensões da copa e a altura das árvores dominantes em povoamentos de *Pinus taeda*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.2, p.97-106, 2010.

PILAU, F.G. **Saldo de radiação da copa de laranjeira num pomar e de renques de cafeeiros: medidas e estimativas.** São Paulo, 2005. 92p. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

SCHNEIDER, P. R.; FLEIG, F. D.; FINGUER, C. A. G.; SPATHERLF, P. Produção de madeira e casca verde por índice de sítio e espaçamento inicial de Acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild). **Ciência Florestal**, v.11, n.1, p.151-165, 2001.

STERBA, H. **Waldwachstumskunde:** Skriptum zur Lehrveranstaltung 420.020. Wien: Universität für Bodenkultur, Institut für Waldwachstumforschung, 2006, 129 p.

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.