

Quantificação da Biomassa florestal em plantios de curta rotação com diferentes espaçamentos

Braulio Otomar Caron¹, Elder Eloy^{1*}, Velci Queiróz de Souza¹, Denise Schmidt¹,
Rafaelo Balbinot¹, Alexandre Behling², Gean Charles Monteiro¹

¹Universidade Federal de Santa Maria, Frederico Westphalen, RS, Brasil

² Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil

*Autor correspondente, e-mail: eloyelder@yahoo.com.br

Resumo

O objetivo deste trabalho foi determinar a capacidade de produção de biomassa da parte aérea das espécies florestais: *Acacia mearnsii* De Wild, *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Mimosa scabrella* Benth e *Ateleia glazioviana* Baill distribuídas em diferentes espaçamentos em plantio: 2,0 x 1,0 m, 2,0 x 1,5 m, 3,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,5 m, nas idades de 1 e 3 anos. O presente trabalho foi realizado em um experimento utilizando o delineamento de blocos completos casualizados caracterizados por um fatorial 4x4x2 em três repetições, conduzido no município de Frederico Westphalen-RS. A determinação da biomassa consistiu na derrubada e pesagem dos diferentes compartimentos das árvores. Para a madeira e casca foram retirados discos de 2,0 cm de espessura nas posições do tronco: 0% (base), 25%, 50%, 75% e 100% da altura total. Já para biomassa de galho e folha, foram retiradas amostras estratificadas e determinadas seu peso final. O aumento da densidade de plantio apresentou relação direta com a produção de biomassa por unidade de área nos diferentes anos de avaliação. A maior produção de biomassa foi observada nos espaçamentos mais adensados e concentrou-se principalmente no tronco e nos galhos das árvores. As espécies que se destacaram foram *Eucalyptus grandis* e *Acacia mearnsii*. Já a *Ateleia glazioviana* apresentou a menor produção de biomassa por unidade de área.

Palavras-chave: *Acacia mearnsii*, *Ateleia glazioviana*, espaçamento de plantio, *Eucalyptus grandis*, *Mimosa scabrella*

Quantification of forest biomass in short rotation plantations with different spacings

Abstract

The objective of this study was to determine the capacity of the aboveground biomass of forest species: *Acacia mearnsii* De Wild, *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Mimosa scabrella* Benth and *Ateleia glazioviana* Baill distributed in different spacing in planting: 2.0 x 1.0 m, 2.0 x 1.5 m, 3.0 x 1.0 m and 3.0 x 1.5 m, at ages of 1 and 3 years. This work was performed in an experiment using a randomized complete block design characterized by a 4x4x2 factorial in three replicates, conducted in the city of Frederico Westphalen-RS. The determination of the biomass consisted of cutting and weighing the different compartments of the trees. For the wood and bark were removed discs 2.0 cm in thickness in the stem positions: 0% (base), 25%, 50%, 75% and 100% of the total height. As for branch and leaf biomass, stratified samples were taken and determined its final weight. Increased planting density showed a direct relationship with the biomass production per unit area in different years of assessment. The highest biomass production was observed in the narrower spacing plant and concentrated mainly on the trunk and branches of trees. The species that stood out were *Eucalyptus grandis* and *Acacia mearnsii*. Already *Ateleia glazioviana* had the lowest biomass production per unit area.

Keywords: *Acacia mearnsii*, *Ateleia glazioviana*, planting space, *Eucalyptus grandis*, *Mimosa scabrella*

Recebido: 09 Abril 2013
Aceito: 11 Fevereiro 2015

Introdução

Na atualidade, o consumo mundial de energia vem crescendo de uma forma alarmante. Ao longo das últimas décadas esta demanda de energia baseia-se, principalmente, em fontes não renováveis, o que vem desencadeando uma série de questionamentos em relação ao abastecimento energético e ao equilíbrio ambiental e econômico (Eloy et al., 2014). Dessa forma, muitos países procuram ou buscam alternativas energéticas que minimizem esses problemas, sobretudo mediante a intensificação do uso de fontes renováveis (Oliveira et al., 2006; Canto et al., 2011; Carneiro et al., 2014), incluindo dentro deste contexto, a biomassa florestal. Sendo esta, uma das alternativas viáveis para mitigar o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera via fixação do carbono pelas plantas arbóreas (Silva et al., 2008; Gatto et al., 2011; Watzlawick et al., 2012; Sanquetta et al., 2014).

Nos últimos anos, o consumo mundial de energia proveniente da madeira cresceu 50% desde 2004. Sendo que o volume de madeira consumido em 2007 para energia foi da ordem de 220 milhões de metros cúbicos anuais. Atualmente, 8,3% da energia produzida nacionalmente é originária da lenha e do carvão vegetal, segundo fontes oficiais ligadas à área de energia (MME, 2014).

A biomassa que é destinada a bioenergia deve apresentar características favoráveis, como elevados valores de densidade básica e poder calorífico, baixo teor de minerais e alto teor de lignina, características estas que garantem alto rendimento, baixo custo e elevada qualidade e produção do carvão vegetal (Oliveira et al., 2010; Protásio et al., 2012; Protásio et al., 2013; Brand et al., 2014; Costa et al., 2014).

Entre as florestas plantadas, os plantios de *Eucalyptus* destacam-se devido ao seu rápido crescimento e alta produtividade, e também por ser uma grande alternativa ao uso da madeira nativa na produção madeireira no Brasil (Ramos et al., 2011; Protásio et al., 2014).

Como se sabe, o espaçamento e a idade de corte encontram-se intimamente relacionados, ou seja, plantios com espaçamentos menores, por exemplo, normalmente exigem desbastes ou ciclos mais

curtos de cortes, pois a competição entre plantas antecipa a estagnação do crescimento do povoamento. Desta forma, o espaçamento apresenta uma série de implicações do ponto de vista silvicultural, tecnológico e econômico, pois afeta as taxas de crescimento das plantas, idade de corte, qualidade da madeira, bem como as práticas silviculturais empregadas e, conseqüentemente, os custos de produção (Inoue et al., 2011; Leles et al., 2011).

Dentro deste contexto, o presente trabalho tem como intuito determinar a capacidade de produção de biomassa (madeira, casca, galho, folha) das espécies florestais *Acacia mearnsii* De Wild, *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Mimosa scabrella* Benth e *Ateleia glazioviana* Baill distribuídas em diferentes espaçamentos.

Material e Métodos

Caracterização da área em estudo

O trabalho foi realizado no experimento que está localizado em área pertencente ao Laboratório de Agroclimatologia (LAGRO), vinculado à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus do 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 predominante da região é Cfa, caracterizado como subtemperado subúmido, sendo a temperatura média anual de 18,8° C e temperatura média do mês mais frio de 13,3° C.

O experimento foi instalado utilizando o delineamento experimental de blocos completos casualizados. Os blocos foram caracterizados por um fatorial 4x4x2, ou seja, quatro espécies florestais (*Acacia mearnsii* De Wild, *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Mimosa scabrella* Benth e *Ateleia glazioviana* Baill), quatro espaçamentos (2,0 x 1,0 m, 2,0 x 1,5 m, 3,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,5 m) e dois anos de avaliação em 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 enquadrando

os dois anos de avaliação. 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.

O solo predominante na área experimental é do tipo Latossolo Vermelho distrófico típico e, no seu preparo para o plantio das mudas, foram realizadas as operações de aração e gradagem, sendo que o plantio foi feito de forma manual em setembro de 2008.

Neste trabalho foram utilizados os dados das avaliações destrutivas coletados no 1º ano (2009) e 3º ano (2011) após o plantio.

Determinação da Biomassa

Para determinação da biomassa da madeira (BM), biomassa da casca (BC), biomassa do galho (BG) e biomassa da folha (BF) das espécies florestais distribuídas nos diferentes espaçamentos, em diferentes anos após o plantio, utilizou-se o método direto o qual consistiu na derrubada e pesagem dos diferentes compartimentos das árvores (Sanquetta, 2002). As massas frescas totais das árvores amostradas foram determinadas a campo. De todos os compartimentos foram retiradas amostras para aferição de sua massa fresca e seca em laboratório.

As amostras de galhos e folhas foram coletadas de forma estratificada na planta, ou seja, no estrato inferior, médio e superior da copa das árvores, com a finalidade de obtenção de um material mais homogêneo que representasse toda a extensão da copa. Para a amostra de madeira do fuste e casca foram retirados cinco discos de aproximadamente dois centímetros de espessura ao longo do fuste: 0% (base), 25%, 50%, 75% e 100% da altura total. As amostras dos diferentes compartimentos foram pesadas, identificadas e levadas para secagem em estufa com circulação e renovação de ar para obtenção da matéria seca. As amostras de madeira, casca, folha e galho foram secas a 103 ± 2 °C até peso constante. O peso de matéria seca da parte aérea, em toneladas por hectare, foi calculado considerando a densidade populacional de cada espaçamento, admitindo-se uma sobrevivência igual a 100%.

Para a espécie *Ateleia glazioviana*, a determinação da biomassa de folha não foi computada, devido à senescência das folhas ter iniciado antecipadamente ao período em que foram realizadas as avaliações, ou seja, no mês de setembro.

Análise dos Dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística através do *Software "Statistical Analysis System"* (SAS, 2003), em que se determinou a análise de variância, análise de regressão, teste F e o teste de Tukey a $p > 0,05$. Foi realizado o teste de Bartlett para a verificação da homogeneidade das variâncias.

Resultados e Discussão

A análise de variância apontou diferença significativa para a produtividade energética para todas as variáveis em todos os fatores avaliados, ou seja, para ano, espécie e espaçamento. Observou-se também esta característica para todas as interações analisadas, ou seja, para os dois anos em relação às quatro espécies florestais, para os dois anos nos quatro espaçamentos de plantio, para as quatro espécies florestais frente aos quatro espaçamentos de plantio e, para os dois anos frente às quatro espécies florestais dispostas nos quatro espaçamentos de plantio (Tabela 1).

A partir da análise da influência do ano sobre as espécies distribuídas nos diferentes espaçamentos, observou-se diferença significativa no terceiro ano para as variáveis BM, BC, BG e BF. Já o primeiro ano apresentou a mesma resposta às variáveis observadas no terceiro ano, com exceção da BC que não demonstrou significância para esta característica (Tabela 1).

Quando analisada a produção de biomassa no primeiro ano de avaliação (Tabela 2), o *Eucalyptus grandis* apresentou maiores quantidades de BF em todos os espaçamentos, quando comparado com as outras espécies. Esta também apresentou maiores quantidades de BM e BG, no entanto, não diferiu estatisticamente da *Acacia mearnsii* e *Mimosa scabrella* para estas variáveis. De forma semelhante, a BC não apresentou diferença significativa entre as diferentes espécies.

Tabela 1. Análise de variância para a biomassa da madeira (BM), biomassa da casca (BC), biomassa do galho (BG) e biomassa da folha (BF) das espécies florestais distribuídas nos diferentes espaçamentos em diferentes anos após o plantio, no município de Frederico Westphalen-RS

Fator de Estudo	GL	Efeito Principal				
		BM	BC	BG	BF	
Espécie	3	7879,78*	534,11*	963,22*	868,33*	
Espaçamento	3	3646,97*	142,39*	236,49*	172,71*	
Espécie x espaçamento	9	500,43*	31,11*	26,87*	34,71*	
* Significativo à probabilidade de erro tipo A						
Ano	1	39126,46*	2289,43*	7969,67*	2168,66*	
Ano x espécie	3	7149,35*	508,79*	886,01*	502,81*	
Ano x espaçamento	3	3156,80*	125,94*	163,70*	101,99*	
Ano x espécie x espaçamento	9	442,79*	28,02*	20,85*	28,16*	
* Significativo à probabilidade de erro tipo B						
Coeficiente de determinação (%)		0,98	0,97	0,97	0,98	
Coeficiente de variação (%)		11,39	25,75	19,24	14,93	
Efeito Simples						
Ano x espaçamento x espécie						
Ano	1	15	5,12*	0,18 ^{ns}	3,78*	11,38*
	3	15	4928,19*	297,58*	474,80*	347,22*
Espaçamento (m)	2,0 x 1,0	7	9048,10*	398,20*	893,21*	373,98*
	2,0 x 1,5	7	2494,16*	264,62*	503,19*	335,55*
	3,0 x 1,0	7	2298,93*	190,45*	464,48*	375,91*
	3,0 x 1,5	7	754,49*	50,71*	201,60*	33,26*
Espécie	<i>A. mearnsii</i>	7	2278,68*	219,44*	1156,88*	178,25*
	<i>M. scabrella</i>	7	669,07*	18,20*	40,70*	4,07*
	<i>E. grandis</i>	7	9642,56*	493,32*	400,27*	442,82*
	<i>A. glazioviana</i>	7	192,63*	5,22*	153,32*	-

Em que: * = significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro conforme a distribuição de Fisher; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade de erro conforme a distribuição de Fisher; - = não avaliado.

Tabela 2. Biomassa da madeira (BM), biomassa da casca (BC), biomassa do galho (BG) e biomassa da folha (BF), em ton ha⁻¹, das espécies florestais distribuídas nos diferentes espaçamentos, um ano após o plantio, no município de Frederico Westphalen-RS

Espécie	Espaçamento (m)			
	2,0 x 1,0	2,0 x 1,5	3,0 x 1,0	3,0 x 1,5
BM				
<i>A. mearnsii</i>	2,11 aA	1,08 aAB	0,80 aAB	0,64 aB
<i>M. scabrella</i>	1,59 aA	1,05 aA	0,89 aA	0,54 aA
<i>E. grandis</i>	2,75 aA	1,80 aAB	1,05 aB	0,73 aB
<i>A. glazioviana</i>	0,21 bA	0,17 bA	0,16 bA	0,14 aA
BC ^{ns}				
<i>A. mearnsii</i>	0,54	0,23	0,19	0,08
<i>M. scabrella</i>	0,26	0,24	0,23	0,15
<i>E. grandis</i>	0,38	0,26	0,17	0,16
<i>A. glazioviana</i>	0,04	0,03	0,02	0,02
BG				
<i>A. mearnsii</i>	1,35 aA	0,88 aA	0,65 aA	0,45 aA
<i>M. scabrella</i>	1,35 aA	1,06 aA	0,73 aA	0,76 aA
<i>E. grandis</i>	2,37 aA	1,42 aAB	1,09 aB	0,99 aB
<i>A. glazioviana</i>	0,01 bA	0,01 bA	0,01 bA	0,01 bA
BF				
<i>A. mearnsii</i>	1,15 bA	0,91 bA	1,03 bA	0,77 bA
<i>M. scabrella</i>	1,55 bA	1,48 bA	0,79 bB	0,71 bB
<i>E. grandis</i>	4,66 aA	2,53 aB	2,29 aB	1,92 aB
<i>A. glazioviana</i>	-	-	-	-

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre as espécies; Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre os espaçamentos a 5% de probabilidade de erro conforme a distribuição de Tukey; ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade de erro conforme a distribuição de Tukey; - = Não avaliado.

Observou-se que os espaçamentos de plantio testados, conduziram a diferentes produções de biomassa dos diferentes compartimentos da parte aérea das plantas no terceiro ano. De uma maneira geral, verificou-se

que as maiores contribuições em biomassa nos diferentes compartimentos tiveram a seguinte ordem $BM > BG > BF > BC$ (Tabela 3). Resultados semelhantes foram observados com *Eucalyptus* spp. por Barichello et al. (2005).

Tabela 3. Biomassa da madeira (BM), biomassa da casca (BC), biomassa do galho (BG) e biomassa da folha (BF), em ton ha^{-1} , das espécies florestais distribuídas nos diferentes espaçamentos, três anos após o plantio, no município de Frederico Westphalen-RS.

Espécie	Espaçamento (m)			
	2,0 x 1,0	2,0 x 1,5	3,0 x 1,0	3,0 x 1,5
BM				
<i>A. mearnsii</i>	45,00 bA	24,58 bB	17,74 bC	7,29 bD
<i>M. scabrella</i>	24,87 cA	14,32 cB	6,55 cC	4,95 bD
<i>E. grandis</i>	90,98 aA	47,63 aB	46,88 aB	27,46 aC
<i>A. glazioviana</i>	12,65 dA	7,11 dB	6,59 cB	4,11 bC
BC				
<i>A. mearnsii</i>	14,20 bA	7,03 bB	3,31 bC	2,19 bD
<i>M. scabrella</i>	3,82 cA	3,04 cB	1,35 cC	0,91 cC
<i>E. grandis</i>	16,28 aA	15,55 aA	13,53 aB	6,99 aC
<i>A. glazioviana</i>	1,97 dA	1,48 dAB	0,93 cBC	0,66 cC
BG				
<i>A. mearnsii</i>	28,13 aA	21,73 aB	19,44 aC	13,50 aD
<i>M. scabrella</i>	6,59 dA	4,60 dA	3,22 dC	3,38 dC
<i>E. grandis</i>	18,14 bA	11,77 bB	13,31 bC	8,13 bD
<i>A. glazioviana</i>	9,54 cA	7,14 cB	7,83 cB	5,01 cC
BF				
<i>A. mearnsii</i>	10,79 bA	9,54 bB	9,25 bB	3,43 bC
<i>M. scabrella</i>	2,87 cA	1,55 cB	1,58 cB	1,09 cB
<i>E. grandis</i>	17,45 aA	15,93 aC	16,78 aB	5,58 aD
<i>A. glazioviana</i>	-	-	-	-

Médias seguidas por letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre as espécies; Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre os espaçamentos a 5% de probabilidade de erro conforme a distribuição de Tukey; - = Não avaliado.

A espécie *Eucalyptus grandis* apresentou as maiores quantidades de BM ($90,98 \text{ ton ha}^{-1}$; $47,63 \text{ ton ha}^{-1}$; $46,88 \text{ ton ha}^{-1}$ e $27,46 \text{ ton ha}^{-1}$), BF ($17,45 \text{ ton ha}^{-1}$; $15,93 \text{ ton ha}^{-1}$; $16,78 \text{ ton ha}^{-1}$ e $5,58 \text{ ton ha}^{-1}$) e BC ($16,28 \text{ ton ha}^{-1}$; $15,55 \text{ ton ha}^{-1}$; $13,53 \text{ ton ha}^{-1}$ e $6,99 \text{ ton ha}^{-1}$) para todos os espaçamentos (2,0 x 1,0 m; 2,0 x 1,5 m; 3,0 x 1,0 m e 3,0 x 1,5 m, respectivamente), quando comparado com as outras espécies. Já a *Acacia mearnsii*, de uma maneira geral, para os mesmos espaçamentos, apresentou os maiores valores de BG ($28,13 \text{ ton ha}^{-1}$; $21,73 \text{ ton ha}^{-1}$; $19,44 \text{ ton ha}^{-1}$ e $13,50 \text{ ton ha}^{-1}$) (Tabela 3).

A espécie *Ateleia glazioviana* apresentou os menores valores de biomassa aérea para todos os compartimentos avaliados, ou seja, BM ($12,65 \text{ ton ha}^{-1}$; $7,11 \text{ ton ha}^{-1}$; $6,59 \text{ ton ha}^{-1}$ e $4,11 \text{ ton ha}^{-1}$), BG ($9,54 \text{ ton ha}^{-1}$; $7,14 \text{ ton ha}^{-1}$; $7,83 \text{ ton ha}^{-1}$ e $5,01 \text{ ton ha}^{-1}$) e BC ($1,97 \text{ ton ha}^{-1}$; $1,48 \text{ ton ha}^{-1}$; $0,93 \text{ ton ha}^{-1}$ e $0,66 \text{ ton ha}^{-1}$) para todos os espaçamentos (2,0x1,0 m; 2,0x1,5 m; 3,0x1,0 m e

3,0x1,5 m, respectivamente), ressaltando que a BF não foi mensurada devido à senescência das folhas no período avaliado (Tabela 3).

O crescimento inicial inferior em biomassa da *Ateleia glazioviana* em relação às demais espécies, tanto no período como no espaçamento, observado nas Tabelas 2 e 3, está relacionado com o seu crescimento que é considerado de lento a demorado. No entanto, por ter como característica bifurcações e copa volumosa apresentou grande quantidade de BG nos espaçamentos menos adensados (2,0x1,5 m, 3,0x1,0 m e 3,0x1,5 m), sendo estes superiores aos encontrados na BM, nos mesmos espaçamentos (Tabela 3). Esta variação é influenciada principalmente pela maior área útil para o desenvolvimento da copa disposta nos espaçamentos menos adensados.

Observou-se uma relação direta da densidade de plantio com a distribuição da biomassa nos diferentes compartimentos das

plantas para as quatro espécies florestais, ou seja, nos tratamentos com maiores densidades foram observados os maiores valores de biomassa quando comparados com os espaçamentos menos adensados.

Os resultados apresentados são corroborados por uma série de autores que desenvolveram vários trabalhos relacionados a influência da densidade de plantio na produção de povoamentos florestais. Dentre esses, pode-se citar os desenvolvidos por (Müller et al., 2005), em função de fatores como espaçamento de plantio, idade do povoamento e qualidade de sítio.

Segundo Schumacher et al. (2011) à medida que aumenta a densidade populacional, a biomassa total por unidade de área aumenta, sendo que a produção de biomassa total por indivíduo diminui, no entanto ocorre a elevação da alocação de fotoassimilados no tronco. Estes estudos apresentam-se de grande importância do ponto de vista econômico, visto que é possível economizar no custo de implantação, na colheita e no transporte de madeira nos espaçamentos maiores (Müller et al., 2005).

De modo geral, nestes estudos podem-se observar tendências decrescentes de produção de biomassa nos diferentes compartimentos das plantas em função do aumento da área útil, ou seja, do espaçamento de plantio. Por outro lado, vale ressaltar que com o tempo a quantidade de madeira estocada em um determinado sítio tende a se igualar em diferentes espaçamentos, que nos plantios mais densos ocorre a estagnação do crescimento em idades mais jovens e que nos plantios com espaçamentos mais amplos a estagnação do crescimento ocorre em idades mais avançadas (Müller et al., 2005).

Conclusão

O aumento da densidade de plantio apresentou relação direta com a produção de biomassa por unidade de área nos diferentes anos de avaliação, ou seja, os espaçamentos mais adensados proporcionaram maiores quantidades de biomassa que os espaçamentos menos adensados.

A diferenciação entre as espécies

ocorreu quanto à produção de biomassa, sendo que as de maior destaque foram *Eucalyptus grandis* e *Acacia mearnsii*. Já a espécie que apresentou a menor produção de biomassa foi *Ateleia glazioviana*. A produção de biomassa da parte aérea concentrou-se principalmente no tronco e nos galhos das árvores.

No que diz respeito ao enfoque energético, apesar de se tratar de povoamentos jovens, todas as espécies apresentam resultados dentro de padrões conhecidos, o que recomenda-se o uso dessas na geração de energia.

Referências

- Barichello, L.R., Schumacher, M.V., Vogel, H.L.M. 2005. Quantificação de biomassa de um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. na região sul do Brasil. *Ciência Florestal* 15:129-135.
- Brand, M.A., Muñiz, G.I.B., Brito, J.O., Quirino, W.F. 2014. Influência das dimensões da biomassa estocada de *Pinus taeda* L. e *Eucalyptus dunnii* Maiden na qualidade do combustível para geração de energia. *Revista Árvore* 38: 175-183.
- Canto, J.L., Machado, C.C., Seixas, F., Souza, A.P., Sant' Anna, C.M. 2011. Avaliação de um sistema de cavaqueamento de ponteiros de eucalipto para aproveitamento energético. *Revista Árvore* 35: 1327-1334.
- Carneiro, A.C.O., Castro, A.F.N.M., Castro, R.V.O., Santos, R.C., Ferreira, L.P., Damásio, R.A.P., Vital, B.R. 2014. Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. *Revista Árvore* 38: 375-381.
- Costa, T.G., Bianchi, M.L., Protásio, T.P., Trugilho, P.F., Pereira, A.J. 2014. Qualidade da madeira de cinco espécies de ocorrência no cerrado para produção de carvão vegetal. *Cerne* 20: 37-46.
- Eloy, E., Caron, B.O., Silva, D.A., Schmidt, D., Trevisan, R., Behling, A., Elli, E. F. 2014. Influência do espaçamento nas características energéticas de espécies arbóreas em plantios de curta rotação. *Revista Árvore* 38: 551-559.
- Gatto, A., Barros, N.F., Novais, R.F., Silva, I.R., Leite, H.G., Villani, E.M.A. 2011. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na Região Centro - Leste do Estado de Minas Gerais. *Revista Árvore* 35: 895-905.
- Inoue, M.T., Filho, A.F., Lima, R. 2011. Influência do espaço vital de crescimento na altura e diâmetro de *Pinus taeda* L. *Scientia Forestalis* 39: 377-385.

- Leles, P.S.S., Abaurre, G.W., Alonso, J.M., Nascimento, D.F., Lisboa, A.C. 2011. Crescimento de espécies arbóreas sob diferentes espaçamentos em plantio de recomposição florestal. *Scientia Forestalis* 39: 231-239.
- MME - Ministério das Minas e Energia. 2014. Balanço Energético Nacional 2014 Relatório Síntese no base 2013. *Empresa de Pesquisa Energética*. Rio de Janeiro, Brasil. 54 p.
- Müller, M.D., Couto, L., Leite, H.G., Brito, J.O. 2005. Avaliação de um clone de eucalipto estabelecido em diferentes densidades de plantio para produção de biomassa e energia. *Biomassa & Energia* 2: 177-186.
- Oliveira, A.C., Carneiro, A.C.O., Vital, B.R., Almeida, W., Pereira, B.L.C., Cardoso, M.T. 2010. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. *Scientia Forestalis* 38: 431-439.
- Oliveira, E., Vital, B.R., Pimenta, A.S., Della Lucia, R.M., Ladeira, A.M.M., Carneiro, A.C.O. 2006. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. *Revista Árvore* 30: 311-318.
- Protásio, T.P., Couto, A.M., Reis, A.A., Trugilho, P.F. 2013. Seleção de Clones de *Eucalyptus* para a produção de carvão vegetal e bioenergia por meio de técnicas univariadas e multivariadas. *Scientia Forestalis* 41: 015-028.
- Protásio, T.P., Goulart, S.L., Neves, T.A., Assis, M.R., Trugilho, P.F. 2014. Clones comerciais de *Eucalyptus* de diferentes idades para o uso bioenergético da madeira. *Scientia Forestalis* 42: 113-127.
- Protásio, T.P., Trugilho, P.F., Neves, T.A., Vieira, C.M.M. 2012. Análise de correlação canônica entre características da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus*. *Scientia Forestalis* 40: 317-326.
- Ramos, L.M.A., Latorraca, J.V.F., Pastro, M.S., Souza, M.T., Garcia, R.A., Carvalho, A.M. 2011. Variação radial dos caracteres anatômicos da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e idade de transição entre lenho juvenil e adulto. *Scientia Forestalis* 39: 411-418.
- Sanquetta, C.R. Métodos de determinação de biomassa florestal. 2002. In: Sanquetta, C.R. (ed.). *As florestas e o carbono*. Curitiba, Brasil. p. 119-140.
- Sanquetta, C.R., Behling, A., Corte, A.P.D., Simon, A., Pscheidt, H., Ruza, M.S., Mochiutti, S. 2014. Estoques de biomassa e carbono em povoamentos de acácia negra em diferentes idades no Rio Grande do Sul. *Scientia Forestalis* 42: 361-370.
- SAS Learning Edition. 2003. *Getting started with the SAS Learning Edition*. Cary. 200 p.
- Schumacher, M.V., Witschoreck, R., Calil, F.N. 2011. Biomassa em povoamentos de *Eucalyptus* spp. de pequenas propriedades rurais em Vera Cruz, RS. *Ciência Florestal* 21: 17-22.
- Silva, R.F., Soares, C.P.B., Jacovine, L.A.G., Silva, M.L., Leite, H.G., Silva, G.F. 2008. Projeção do estoque de carbono e análise da geração de créditos em povoamentos de eucalipto. *Revista Árvore* 32: 979-992.
- Watzlawick, L.F., Caldeira, M.V.W., Viera, M., Schumacher, M.V., Godinho, T.O., Balbinot, R. 2012. Estoque de biomassa e carbono na Floresta Ombrófila Mista Montana Paraná. *Scientia Forestalis* 40: 353-362.