



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

Eloy, Elder; Otomar Caron, Braulio; Agostinho da Silva, Dimas; Queiróz de Souza, Velci;

Trevisan, Rômulo; Behling, Alexandre; Elli, Elvis Felipe

Produtividade energética de espécies florestais em plantios de curta rotação

Ciência Rural, vol. 45, núm. 8, agosto, 2015, pp. 1424-1431

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33142184013>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Produtividade energética de espécies florestais em plantios de curta rotação

Energy productivity of forest species in short rotation plantings

Elder Eloy^{I*} Braulio Otomar Caron^{II} Dimas Agostinho da Silva^{III}
Velci Queiróz de Souza^{II} Rômulo Trevisan^I Alexandre Behling^{III}
Elvis Felipe Elli^{II}

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo determinar a produtividade energética dos diferentes compartimentos da 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: 2,0x1,0m; 2,0x1,5m; 3,0x1,0m e 3,0x1,5m, nas idades de 1 e 3 anos. O estudo foi conduzido em um experimento localizado no município de Frederico Westphalen-RS, em delineamento experimental de blocos completos casualizados em três repetições. A determinação da produtividade energética foi realizada a partir da mensuração dos valores de biomassa da parte aérea e do poder calorífico superior de cada compartimento. Os diferentes espaçamentos de plantio induzem a diferentes produtividades energéticas, sendo verificada uma tendência sistemática negativa em relação ao espaço vital proporcionado pelos menores espaçamentos de plantio. As produtividades energéticas obtidas no terceiro ano, para todas as espécies, foram superiores às do primeiro ano. A espécie *Eucalyptus grandis* apresentou a maior potencialidade de produtividade energética de madeira em relação às outras espécies, equivalente a duas vezes a *Acacia mearnsii*, no espaçamento mais adensado (2,0x1,0m).

Palavras-chave: energia, biomassa, espécies florestais.

ABSTRACT

This study aimed to determine the energy productivity of the different compartments of above ground 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: 2,0x1,0m, 2,0x1,5m, 3,0x1,0m and 3,0x1,5m, at ages of 1 and 3 years. The study was conducted in an experiment in the city of Frederico Westphalen-RS, in

experimental design of randomized complete block with three replications. The determination of the energy productivity was carried out through the measurement of values of above ground biomass and power calorific value of each compartment. The different planting spacings induced different yields of biomass energy, and it was found a systematic negative trend in relation to the living space provided by lower planting space. The energy productivity achieved in the third year for all species, were higher than those of the first year. The species *Eucalyptus grandis* presented the greatest potential for energy productivity of wood and for the other species, equivalent to twice the *Acacia mearnsii*, the denser spacing (2.0x1.0m).

Key words: energy, biomass, forest species.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da humanidade está intimamente associado ao aumento do consumo energético e ao uso racional e controlado das diversas fontes de energia. A lenha sempre ofereceu histórica contribuição no desenvolvimento, sendo a primeira fonte de energia utilizada para aquecimento e cocção de alimentos. Com o passar dos tempos, esse material tem sido amplamente utilizado e é, sem dúvida, a alternativa que mais contempla a vocação natural do Brasil, empregada em processos para a geração de energia térmica, mecânica e elétrica (SOARES et al., 2006).

Atualmente, com a crescente demanda por fontes renováveis de energia, estudos a respeito

^IDepartamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus de Frederico Westphalen, Linha Sete de Setembro, s/n, BR 386, Km 40, 98400-000, Frederico Westphalen, RS, Brasil. E-mail: eloyelder@yahoo.com.br. ^{*}Autor para correspondência.

^{II}Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais, UFSM, Frederico Westphalen, RS, Brasil.

^{III}Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil.

do potencial de geração a partir da biomassa florestal têm sido realizados no Brasil e no mundo, relatando o potencial da biomassa, para geração de energia limpa. Entretanto, para aumentar a eficiência de conversão de madeira em energia é necessária a adoção de tecnologias mais apropriadas para avaliar o seu verdadeiro potencial (SILVA et al., 2012); tornando, dessa forma, promissoras as expectativas quanto ao uso da biomassa florestal como insumo para a geração de energia.

A escolha de espécies tanto nativas quanto exóticas é de extrema importância para seu aproveitamento como fonte alternativa de energia. No entanto, para que isso se viabilize, torna-se necessário o conhecimento das suas características essenciais para essa utilização, no que diz respeito aos fatores ecológicos, silviculturais e aqueles relacionados ao potencial energético das madeiras, subsidiando desse modo, a tomada de decisão para a execução dos plantios florestais (MOREIRA, 2011).

Dessa forma, torna-se essencial a existência de experimentos florestais estabelecidos para que se conheçam as condições originais de terreno, de plantio e das idades das árvores, para que se permita a obtenção de novas informações referentes à qualificação de espécies destinadas à geração de energia e, por extensão, com vocação de formação de maciços florestais, destinados à produção de material dendroenergético.

O espaçamento e a idade de corte encontram-se intimamente relacionados, ou seja, plantios com maior densidade populacional, normalmente, exigem desbastes ou ciclos mais curtos de cortes, pois a competição entre plantas ocorre mais precocemente, antecipando a estagnação do crescimento do povoamento (ELOY et al., 2010). Assim, quando se tem como objetivo a produção madeireira para fins energéticos, normalmente, recomendam-se espaçamentos mais adensados, tendo em vista a produção de um maior volume de biomassa por unidade de área em menor espaço de tempo possível.

Para que o Brasil possa aumentar a participação da lenha e produtos da madeira na sua matriz energética, são necessárias melhorias no acesso à tecnologia florestal para pequenos e médios produtores, tanto de silvicultura como de conversão da madeira em energia, aumentando o potencial de geração de energia de plantios futuros. Dentro desse contexto, o presente trabalho tem como intuito determinar a produtividade energética da biomassa das espécies florestais *Acacia mearnsii* De Wild, *Eucalyptus grandis* W.

Hill ex Maiden, *Mimosa scabrella* Benth e *Ateleia glazioviana* Baill, distribuídas em diferentes espaçamentos de plantio.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área em estudo

O trabalho foi realizado no experimento 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 480m de altitude, no município de Frederico Westphalen - RS.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cfa. A área experimental está distante de Iraí a 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 experimento foi avaliado 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 (2,0x1,0m, 2,0x1,5m, 3,0x1,0m e 3,0x1,5m) e duas idades, em três repetições. O bloco contempla 16 unidades experimentais, sendo que cada uma apresenta 45 plantas distribuídas em 5 linhas de plantio.

O solo predominante na área experimental é do tipo Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 2006) 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 compartimentos das árvores (SANQUETTA, 2002).

De cada compartimento, foram retiradas amostras para aferição de sua massa fresca e seca em laboratório. As amostras foram pesadas, identificadas e levadas para secagem em estufa com circulação e renovação de ar. As folhas foram secas a 75°C, enquanto que os galhos, a casca e a madeira foram secos a 103°C, até atingirem massa constante.

Para a amostra de madeira do fuste e casca, foram retirados cinco discos com, aproximadamente, dois centímetros de espessura ao longo do fuste: 0% (base), 25%, 50%, 75% e 100% da altura total. A massa de matéria seca da parte aérea, em toneladas por hectare, foi determinada 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 ter iniciado antecipadamente ao período em que foram realizadas as avaliações.

Determinação do poder calorífico superior (PCS)

Foram selecionadas 144 árvores em cada ano de avaliação, que corresponde a 36 árvores por espécie. Para a determinação do PCS das árvores, foram retirados discos com, aproximadamente, dois centímetros de espessura, nas seguintes posições no tronco: 0% (base), 1,30m do solo (diâmetro à altura do peito - DAP), 25%, 50% e 75%, 100% da altura total, totalizando seis discos por árvore, sendo, posteriormente, removida a casca de cada disco.

As amostras de galhos e folhas foram retiradas das plantas de forma estratificada, 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 expansão da copa. Essas foram identificadas e levadas para secagem em estufa de circulação e renovação do ar para obtenção da matéria seca. Posteriormente, foram moidas em moinho de facas e a serragem classificada nas peneiras de 40 e 60 mesh, sendo utilizada a fração que passar pela peneira de 40 mesh.

A determinação do PCS dos diferentes compartimentos (madeira, casca, galho e folha) das árvores foi realizada no Laboratório de Energia de Biomassa Florestal do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná (UFPR), utilizando calorímetro isoperibólico, modelo C-5000, Ika Works.

Determinação da produtividade energética (PE)

A produtividade energética (PE), em Gcal ha⁻¹, ou seja, a quantidade de energia por hectare foi obtida em função da biomassa seca (BS) correspondente de cada compartimento, em tonha⁻¹, com o respectivo poder calorífico superior (PCS), em kcal kg⁻¹, conforme a seguinte expressão:

$$PE = BS * PCS$$

Análise dos dados

Osdados 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 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou que os efeitos de espécie, espaçamento e idade foram significativos em relação à produtividade energética em todos os compartimentos aéreos da planta considerados. Observou-se também que os efeitos de todas as interações foram significativos. Dessa forma, relata-se que existe dependência entre os efeitos avaliados e, portanto, realizou-se o desdobramento, sendo avaliado um feito dentro do outro.

A partir da análise da influência do ano sobre as espécies distribuídas nos diferentes espaçamentos, observou-se diferença no terceiro ano de experimento para todas as variáveis estudadas, ou seja, para BM, BC, BG, BF e BT. Já no primeiro ano, essa característica apresentou a mesma resposta em relação às variáveis no terceiro ano, com exceção para BM e BC que não apresentaram diferença para as quatro espécies florestais, distribuídas nos quatro espaçamentos de plantio.

Quando analisada a produtividade energética no primeiro ano após o plantio, a espécie *Eucalyptus grandis* apresentou os maiores valores para BG, BF e BT, sendo que, para BG, ela não diferiu da *Acacia mearnsii* e *Mimosa scabrella*, assim como, para a BT, não houve diferença para os espaçamentos menos adensados dessas mesmas espécies. Em contrapartida, os menores valores de BG e BT foram observados para a *Ateleia glazioviana*, sendo que, para a variável BF, ela não diferiu das espécies *Acacia mearnsii* e *Mimosa scabrella* (Tabela 1 e Figura 1).

Quanto à produtividade energética no terceiro ano após o plantio, a espécie *Eucalyptus*

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

Espécie	Espaçamento (m)			
	2,0x1,0	2,0x1,5	3,0x1,0	3,0x1,5
BM ^{ns}				
<i>A. mearnsii</i>	9,672 ¹	4,984	3,621	2,886
<i>M. scabrella</i>	7,300	4,780	4,104	2,448
<i>E. grandis</i>	12,498	8,241	4,678	3,111
<i>A. glazioviana</i>	1,173	0,801	0,738	0,631
BC ^{ns}				
<i>A. mearnsii</i>	2,679	1,128	0,935	0,422
<i>M. scabrella</i>	1,201	1,117	1,068	0,694
<i>E. grandis</i>	1,473	1,000	0,689	0,623
<i>A. glazioviana</i>	0,205	0,149	0,126	0,127
BG				
<i>A. mearnsii</i>	6,146 a	4,110 a	2,997 a	2,117 a
<i>M. scabrella</i>	6,158 a	4,851 a	3,350 a	3,505 a
<i>E. grandis</i>	10,383 a	6,327 a	4,822 a	4,326 a
<i>A. glazioviana</i>	0,079 b	0,063 b	0,046 b	0,028 b
BF				
<i>A. mearnsii</i>	5,956 b	4,699 b	5,338 b	4,047 b
<i>M. scabrella</i>	7,514 b	7,206 b	3,796 b	3,565 b
<i>E. grandis</i>	21,845 a	12,164 a	10,849 a	10,833 a
<i>A. glazioviana</i>	-	-	-	-
BT				
<i>A. mearnsii</i>	24,454 b	14,921 b	12,892 a	9,473 a
<i>M. scabrella</i>	22,183 b	17,955 ab	12,318 a	10,212 a
<i>E. grandis</i>	46,199 a	27,733 a	21,038 a	18,893 a
<i>A. glazioviana</i>	1,457 c	1,012 c	0,910 b	0,787 b

¹Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si 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.

grandis apresentou os maiores valores para BM, BC, BF e BT para todos os espaçamentos, com exceção da BC da espécie *Acacia mearnsii*, no espaçamento mais adensado (2,0x1,0m). Essa espécie também apresentou os maiores valores de BG em todos os espaçamentos de plantio. Em contrapartida, os menores valores de BG e BF foram observados para a *Mimosa scabrella*, e os menores valores de BM, BT e BC foram verificados na *Ateleia glazioviana*, sendo que a variável BC não diferiu da *Mimosa scabrella* (Tabela 2 e Figura 2).

Observou-se, na tabela 2, que os espaçamentos de plantio conduziram a diferentes valores de produtividades energéticas da biomassa nos diferentes compartimentos da parte aérea das plantas no terceiro ano após o plantio, sendo verificada uma tendência sistemática negativa em relação ao espaço vital proporcionado pelos espaçamentos, influenciado principalmente pelo

maior número de árvores presentes em cada espaçamento. Resultados semelhantes foram obtidos por GARCIA et al. (2011), trabalhando com clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* de 1,5 anos em Botucatu-SP, em que observaram diferentes produções energéticas em relação ao espaçamento de plantio, ou seja, para 2,8x0,5m; 2,8x1,0m; 2,8x1,5m, 2,8x2,0m e 2,8x2,5m encontrando os valores de produtividade energética de 316,52; 227,37; 195,07; 167,82; 130,72Gcal ha⁻¹, respectivamente. Pode-se destacar que a maior produtividade energética foi obtida no espaçamento mais adensado.

Da mesma forma, SANTANA (2009), estudando as espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, em Bom Sucesso-MG, com povoamentos de 34 e 38 meses de idade, dispostos no espaçamento 3,0x2,8m, observou valores de produtividade energética de 198,31 e 363,44Gcal ha⁻¹, respectivamente. Já em São Bento Abade-MG,

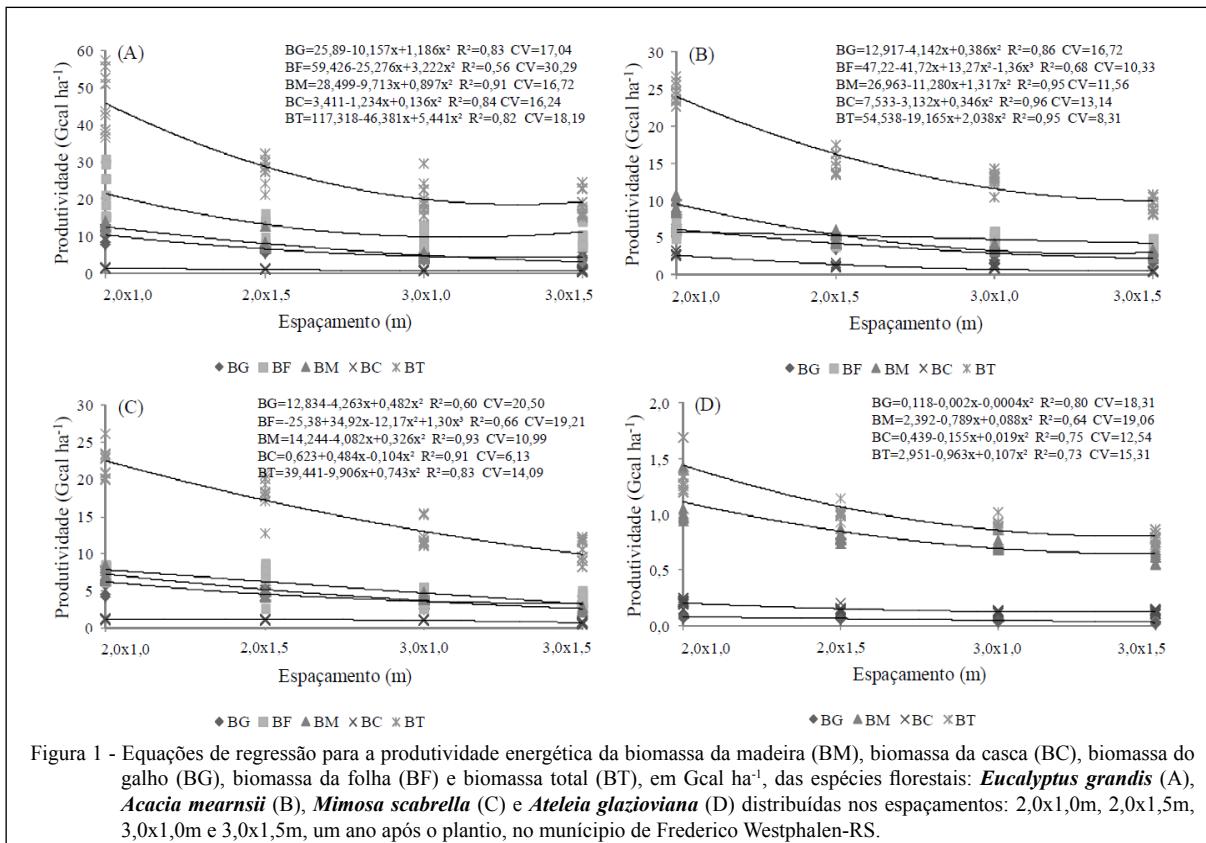


Figura 1 - Equações de regressão para a produtividade energética da biomassa da madeira (BM), biomassa da casca (BC), biomassa do galho (BG), biomassa da folha (BF) e biomassa total (BT), em Gcal ha⁻¹, das espécies florestais: *Eucalyptus grandis* (A), *Acacia mearnsii* (B), *Mimosa scabrella* (C) e *Ateleia glazioviana* (D) distribuídas nos espaçamentos: 2,0x1,0m, 2,0x1,5m, 3,0x1,0m e 3,0x1,5m, um ano após o plantio, no município de Frederico Westphalen-RS.

em povoamentos com 61 e 74 meses de idade, nos espaçamentos 3,0x3,0m e 3,0x2,0m, o mesmo autor, trabalhando com as mesmas espécies, relata valores de produtividade energética de 520,76 e 623,15Gcal ha⁻¹, respectivamente. De forma similar, em Santo Antônio do Amparo-MG, em um povoamento com 86 meses de idade, no espaçamento 3,0x2,5m, SANTANA (2009) relata o valor médio de produtividade energética de 594,99Gcal ha⁻¹.

No mesmo sentido, BRITO & BARRICELLO (1980) apresentaram valores de produção energética de 0,3 a 2,5Gcal árvore⁻¹, para nove espécies de eucaliptos aos dez anos de idade. Os mesmos autores obtiveram valores entre 662 a 1259Gcal ha⁻¹ para a produtividade energética de seis espécies de eucaliptos, aos três anos de idade, estando no limite superior e inferior o *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus citriodora*, respectivamente.

Da mesma forma, CINTRA (2009), trabalhando com o potencial energético de 12 espécies florestais nativas na região de Assis-SP, com idades de 6 a 8 anos, em espaçamento 3,0x2,0m, não encontrou diferença entre os valores de produção energética, que variaram de 0,04 a 0,61

Gcal árvore⁻¹, sendo que a produtividade energética foi de 67,4 a 1021,2Gcal ha⁻¹ e o incremento energético médio anual variou de 11,2 a 127,7Gcal ha⁻¹ ano⁻¹.

A partir da análise das equações de regressão da produtividade energética da biomassa aérea para o primeiro ano (Figura 1) e terceiro ano (Figura 2) após o plantio, observou-se uma relação direta do espaçamento com a distribuição da quantidade de biomassa nos diferentes compartimentos das plantas, ou seja, para BM, BC, BG, BF e BT nas quatro espécies florestais estudadas.

A análise da produtividade energética por unidade de área permite uma melhor visualização do potencial energético da cultura. Dessa forma, LIMA et al. (2011), em seus trabalhos no município de Guarapuava-PR, com a espécie *Eucalyptus benthamii*, disposta no espaçamento 3,0x2,0m, relata uma produtividade energética estimada de 1940Gcal ha⁻¹ aos seis anos. Já BRITO et al. (1983), estimando o potencial energético de oito espécies de eucalipto, observaram uma produtividade energética que variou de 300Gcal ha⁻¹ para o

Tabela 2 - Produtividade energética da biomassa da madeira (BM), biomassa da casca (BC), biomassa do galho (BG), biomassa da folha (BF) e biomassa total (BT), em Gcal ha⁻¹, das espécies florestais distribuídas nos diferentes espaçamentos, três anos após o plantio, no município de Frederico Westphalen-RS.

Espécie	Espaçamento (m)			
	2,0x1,0	2,0x1,5	3,0x1,0	3,0x1,5
BM				
<i>A. mearnsii</i>	192,694 b ¹	105,643 b	75,762 b	31,134 b
<i>M. scabrella</i>	107,467 c	61,454 c	28,486 c	21,304 c
<i>E. grandis</i>	387,658 a	206,678 a	190,748 a	119,116 a
<i>A. glazioviana</i>	55,772 d	31,225 d	29,099 c	18,052 c
BC				
<i>A. mearnsii</i>	67,315 a	29,231 b	15,149 b	9,952 b
<i>M. scabrella</i>	16,364 c	13,266 c	5,809 c	3,812 c
<i>E. grandis</i>	61,460 b	56,144 a	52,351 a	24,613 a
<i>A. glazioviana</i>	9,209 c	6,752 c	3,926 c	2,983 c
BG				
<i>A. mearnsii</i>	130,325 a	95,783 a	86,517 a	61,274 a
<i>M. scabrella</i>	29,071 d	20,468 d	14,992 d	15,584 d
<i>E. grandis</i>	81,917 b	51,497 b	58,779 b	35,848 b
<i>A. glazioviana</i>	42,622 c	32,001 c	35,154 c	22,341 c
BF				
<i>A. mearnsii</i>	57,015 b	48,487 b	49,346 b	19,140 b
<i>M. scabrella</i>	13,974 c	7,161 c	7,335 c	5,197 c
<i>E. grandis</i>	84,233 a	76,524 a	81,690 a	26,723 a
<i>A. glazioviana</i>	-	-	-	-
BT				
<i>A. mearnsii</i>	447,349 b	279,144 b	226,775 b	121,501 b
<i>M. scabrella</i>	166,887 c	102,349 c	56,622 d	45,897 c
<i>E. grandis</i>	615,269 a	390,844 a	383,568 a	206,299 a
<i>A. glazioviana</i>	107,604 d	69,978 d	68,179 c	43,376 c

¹Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade de erro, conforme a distribuição de Tukey; - = Não avaliado.

Eucalyptus gummifera até 2.500Gcal ha⁻¹ para o *Eucalyptus pilularis*. No mesmo sentido, VALE et al. (2000) relataram uma produção energética para a espécie *Eucalyptus grandis* na da ordem de 0,222Gcal árvore⁻¹, equivalente a 2,4 vezes a de *Acacia mangium*, que foi de 0,091Gcal árvore⁻¹, no espaçamento de 3,0x2,0m.

Foi possível observar que os valores encontrados no presente estudo apresentaram similaridade com os da literatura. Deve-se destacar que as espécies que demonstraram maiores potencialidades na produtividade energética, quando analisada a madeira no terceiro ano, foram o *Eucalyptus grandis* (387,658Gcal ha⁻¹) e *Acacia mearnsii* (192,694Gcal ha⁻¹) no menor espaçamento de plantio (2,0x1,0m) (Tabela 2), podendo-se inferir que a primeira espécie foi equivalente a duas vezes a segunda, demonstrando, dessa forma, que a superioridade de produção

energética de uma espécie sobre a outra está relacionada, principalmente, à maior produção de biomassa verificada para o *Eucalyptus grandis*, uma vez que a diferença de poder calorífico é muito pequena.

CONCLUSÃO

Os diferentes espaçamentos de plantio induziram a diferentes produtividades energéticas da biomassa da parte aérea para as espécies estudadas, sendo verificada uma tendência sistemática negativa em relação ao espaço vital proporcionado pelos espaçamentos de plantio, influenciados pelo maior número de árvores presentes em cada espaçamento.

As produtividades energéticas obtidas no terceiro ano, para todas as espécies, são superiores às do primeiro ano após o plantio. A espécie

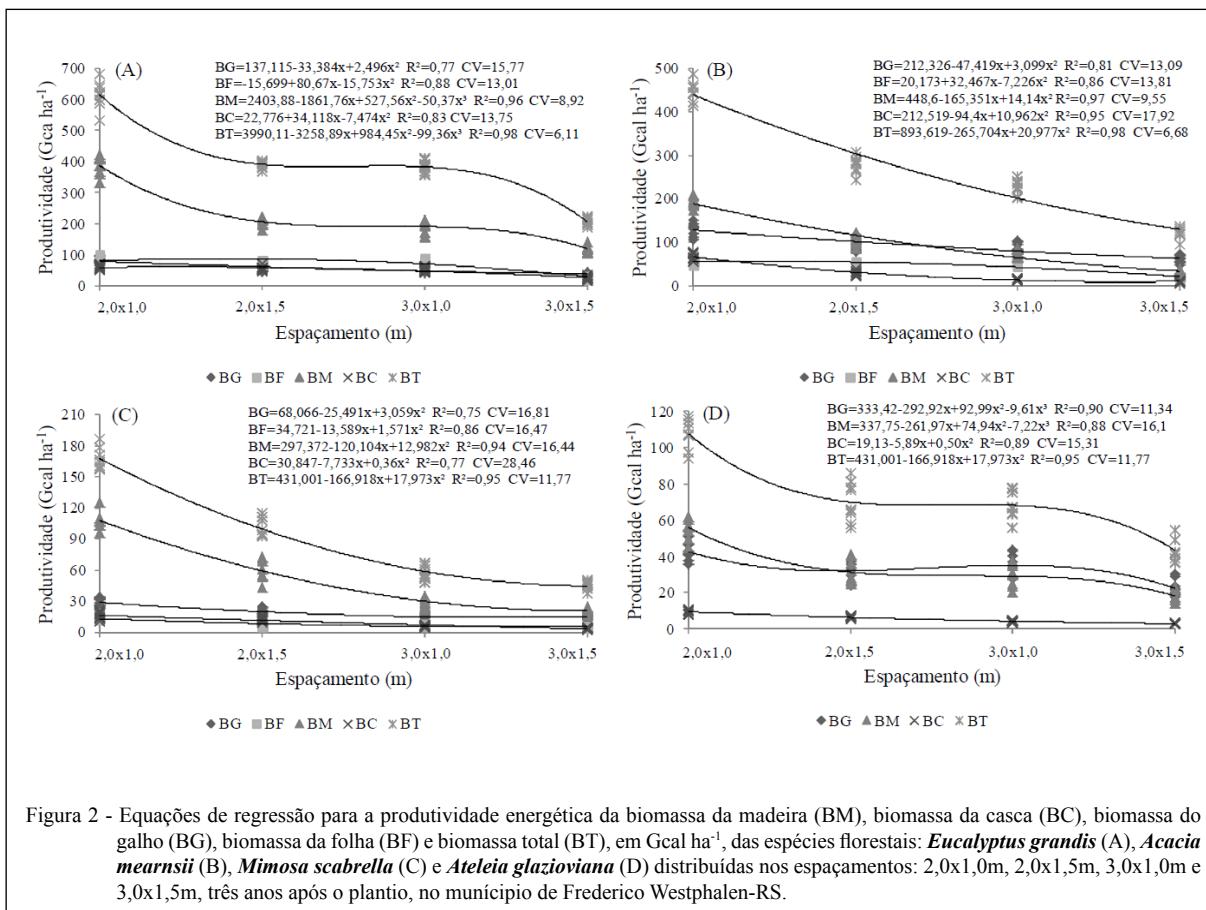


Figura 2 - Equações de regressão para a produtividade energética da biomassa da madeira (BM), biomassa da casca (BC), biomassa do galho (BG), biomassa da folha (BF) e biomassa total (BT), em Gcal ha⁻¹, das espécies florestais: *Eucalyptus grandis* (A), *Acacia mearnsii* (B), *Mimosa scabrella* (C) e *Atelaea glazioviana* (D) distribuídas nos espaçamentos: 2,0x1,0m, 2,0x1,5m, 3,0x1,0m e 3,0x1,5m, três anos após o plantio, no município de Frederico Westphalen-RS.

Eucalyptus grandis apresenta a maior potencialidade de produtividade energética de madeira dentre as espécies estudadas, equivalente a duas vezes a ***Acacia mearnsii***, no espaçamento mais adensado (2,0x1,0m).

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Agricultura e Ambiente (PPGAAA) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

BRITO, J.O.; BARRICHELO L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão: 2 - Densidade da madeira x densidade do carvão. IPEF, Piracicaba, n.20, p.121-126, 1980.

BRITO, J.O. et al. Análise da produção energética e de carvão vegetal de espécies de eucalipto. IPEF, Piracicaba, n.23, p.53-56, 1983.

CINTRA, T.C. Avaliações energéticas de espécies florestais nativas plantadas na região do Médio Paranaíba, SP.

2009, 85f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, SP.

ELOY, E. et al. Espécies florestais em plantios de curta rotação para biomassa. **Revista da Madeira**, Curitiba, v.21, p.50-53, 2010.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2006. 412p.

GARCIA, E.A. et al. A energia damadeira em floresta de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2011, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: CONBEA, 2011. p.1-4.

LIMA, E.A. et al. Caracterização dendroenergética de árvores de ***Eucalyptus benthamii***. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.31, n.65, p.09-17, 2011. Disponível em: <<http://www.cnpt.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/192/200>>. Acesso em: 02 jan. 2013. doi: doi: 10.4336/2010.pfb.31.65.09.

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. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/rba/p14181.html>>. Acesso em: 22 jun. 2012.

MOREIRA, J.M.M.A.P. Potencial de participação das florestas na matriz energética. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.31,

- n.68, p.363-372, 2011. Disponível em: <<http://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/287/235>>. Acesso em: 02 jan. 2013. doi: 10.4336/2011.pfb.31.68.363.
- SANQUETTA, C.R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C.R. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba. (s.n.), 2002. p.119-140.
- SANTANA, W.M.S. **Crescimento, produção e propriedades da madeira de um clone de *Eucalyptusgrandis* e *E. urophylla* com enfoque energético**. 2009. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, MG.
- SILVA, D.A. et al. Ponto de amostragem ao longo do fuste para estimativa do poder calorífico da madeira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.9, p.1588-1595, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v42n9/a26412cr6161.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2013. doi: 10.1590/S0103-84782012000900012.
- SAS LEARNING EDITION. **Getting started with the SAS Learning Edition**. Cary, 2003. 200p.
- SOARES, C.P.B. et al. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa: UFV. 2006. 278p.
- VALE, A.T. et al. Produção de energia do fuste de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden e *Acacia mangium* Willd em diferentes níveis de adubação. **Cerne**, Lavras, v.6, n.1, p.83-88, 2000. Disponível em: <http://www.dcf.ufla.br/cerne/artigos/13-02-2009261v6_n1_artigo%2010.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2013.