



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

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

Ponto de amostragem ao longo do fuste para estimativa do poder calorífico da madeira

Ciência Rural, vol. 42, núm. 9, 2012, pp. 1588-1595

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33123213006>

- 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

Ponto de amostragem ao longo do fuste para estimativa do poder calorífico da madeira

Point of sampling along the shaft for estimate of the calorific power of the wood

Dimas Agostinho da Silva^I Braulio Otomar Caron^{II*} Alexandre Behling^{III}
Velci Queiróz de Souza^{IV} Elder Eloy^{II}

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo verificar a variação do poder calorífico superior (PCS) ao longo do fuste das espécies florestais *Acacia mearnsii* De Wild, *Eucalyptus grandis* W. Hill, *Mimosa scabrella* Benth. e *Ateleia glazioviana* Baill e também avaliar o número e as posições das amostras ao longo do fuste para a estimativa do PCS dessas espécies. Para tanto, foram retirados discos de aproximadamente dois centímetros de espessura, ao longo de 0 %, 25 %, 50 % e 75 % da altura total de árvores com um ano de idade para determinação do PCS em bomba calorimétrica (C5000, IKA WORKS). Para *Eucalyptus grandis* e *Ateleia glazioviana*, é possível estimar o PCS a partir de um disco, respectivamente, nas posições 50% e 0% da altura total, para *Mimosa scabrella* em dois discos, nas posições 0+75% e para *Acacia mearnsii* em três discos, nas posições 0+25+75% da altura total.

Palavras-chave: bionergia, espécies florestais, floresta energética.

ABSTRACT

This research had the objective of studying the variation of the calorific power along the shaft of the species forest *Acacia mearnsii* de Wild, *Eucalyptus grandis* W. Hill, *Mimosa scabrella* Benth. and *Ateleia glazioviana* Baill and also to evaluate the number and the positions of the samples along the shaft for the estimate of calorific power of these species. For so much, they were solitary disks of approximately two centimeters of thickness, along 0%, 25%, 50% and 75% of the total height of trees, with a year of age, for determination of the power calorific superior in calorimeter (C5000, IKA WORKS). For the *Eucalyptus grandis* and the *Ateleia glazioviana* it is possible to esteem the power calorific superior starting

from a disk, respectively in the positions 50% and 0%, and for the *Mimosa scabrella* with two disks, in the positions 0+75% and for the *Acacia mearnsii*, three disks, in the positions 0+25+75%.

Key words: bionergy, forest species, energy forest.

INTRODUÇÃO

Entre as variáveis que são utilizadas para as estimativas dos parâmetros para avaliar a qualidade da madeira para fins energéticos, além do seu potencial de produção de biomassa, o poder calorífico superior (PCS) tem sido umas das mais estudadas. Para tanto, existe a norma NBR 8633 da ABNT que define a maneira de como realizar tal análise, porém, não menciona como proceder com a amostragem da madeira.

Os métodos de amostragem utilizados por diversos pesquisadores têm sido diferentes, o que pode ser constatado em diversos trabalhos. Por exemplo, VALE et al. (2000), comparando a produção de energia da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill e a de *Acacia mangium* Willd, utilizaram amostra composta de cinco posições ao longo do fuste, a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial. Já, VALE et al. (2002), avaliando a energia de espécies do cerrado, utilizaram amostras compostas de cinco posições, a

^IDepartamento de Energia da Biomassa Florestal, Centro de Ciências Florestais e da Madeira (CIFLOMA), Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil.

^{II}Departamento de Agroclimatologia, Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul (CESNORS), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 98400-000, Frederico Westphalen, RS, Brasil. E-mail: braulio.caron@pq.cnpq.br. *Autor para correspondência.

^{III}Departamento de Inventário Florestal, Biomassa e Carbono, CIFLOMA, UFPR, Curitiba, PR, Brasil.

^{IV}Departamento de Melhoramento Genético de Plantas, CESNORS, UFSM, Frederico Westphalen, RS, Brasil.

0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura do tronco. PEREIRA & HIGA (2003), estudando as propriedades da madeira de *Taxodium distichum* (L.) Rich., entre elas o PCS, utilizaram amostras compostas de discos a cada 2,80m, desde a base até o topo da árvore. CINTRA (2009), avaliando diversas espécies florestais, utilizou amostra composta de discos oriundos de três posições, a 0%, 50% e 100% da altura do tronco.

Tais divergências encontradas na literatura, muitas vezes, confundem uma proposta para adoção de um ou outro método de amostragem, pois, para cada caso antes apresentado, são os pesquisadores que julgam ser a melhor condição para o seu propósito de estudo. A determinação da maneira de como realizar a amostragem é uma questão de grande importância, pois, ao utilizar amostras de grande tamanho, aumentam-se os custos e o tempo envolvido, ao passo, que muito pequenas, podem levar à grande erro na estimativa da verdadeira média da população.

Nesse sentido, este trabalho vem colaborar para minimizar os tantos métodos de amostragem descritos na literatura. Diante disso, este trabalho teve dois objetivos: o primeiro foi verificar a variação do poder calorífico superior ao longo do fuste das espécies florestais *Acacia mearnsii* De Wild, *Eucalyptus grandis* W. Hill, *Mimosa scabrella* Benth. e *Ateleia glazioviana* Baill e o segundo foi avaliar o número e a posição das amostras para a estimativa do PCS dessas espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras utilizadas para a determinação do PCS foram oriundas do experimento que está sendo conduzido com o objetivo de avaliar a produção de madeira para a obtenção de recursos dendroenergéticos, o qual é constituído das espécies *Acacia mearnsii*, *Eucalyptus grandis*, *Mimosa scabrella* e *Ateleia glazioviana*, submetidas a diferentes condições de espaçamento, conforme relatado em CARON et al. (2011). O experimento está localizado em área pertencente ao Laboratório de Agroclimatologia, vinculado à Universidade Federal de Santa Maria, *Campi CESNORS* (Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul), 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 à 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.

A coleta das amostras foi realizada em 2009, um ano após o plantio, conforme cronograma estabelecido pelo projeto. De 12 árvores submetidas ao espaçamento 3,0x1,5m, foram retiradas amostras de madeira, em forma de discos de aproximadamente dois centímetros de espessura, ao longo de 0%, 25%, 50% e 75% da altura total.

Para a determinação do PCS, os discos foram reduzidos em tamanho utilizando-se estilete, sendo esse material seco em estufa de circulação e renovação do ar para obtenção da matéria seca. Após serem retiradas da estufa, foram postas em dessecador para resfriamento e, aproximadamente, meio grama foi utilizado para a determinação do PCS em bomba calorimétrica (C5000, IKA WORKS).

Os dados de PCS foram submetidos à análise estatística pelo software *SAS Learning Edition* 8.0 (2002), em que se realizou a análise de variância e o teste F. Não havendo diferenças ao longo do fuste ou na interação posição do fuste com espécie (como será apresentado no item resultados e discussões), foi avaliada a quantidade de discos necessária para uma boa amostragem ao longo do fuste para determinação do PCS por espécie. Para tanto, foi utilizado o procedimento de regressão múltipla entre valores médios das amostras individuais nas seguintes combinações de amostragem de disco: somente um (0%, 25%, 50% e 75%), dois (0+25%, 0+50%, 0+75%, 25+50%, 25+75% e 50+75%) e três (0+25+50%, 0+25+75%, 25+50+75% e 0+50+75%), e a média das amostras individuais de quatro discos (0+25+50+75%), partindo do pressuposto que esta é a mais representativa. Dessa maneira, para análise estatística, foram utilizadas como variáveis independentes as combinações de um, dois e três discos, sendo a variável dependente a combinação de quatro discos. Foram realizadas análises de correlação de Pearson e regressão múltipla entre as variáveis envolvidas. A análise de regressão múltipla foi realizada pelo método passo a passo para frente e para trás (*stepwise*), sendo que a combinação de discos selecionada para o modelo de regressão foi considerada a maneira de melhor amostrar, nas possibilidades de um, dois ou três discos ao longo do fuste. Essas análises foram realizadas no programa *SAS* 8.0, no subprograma *regression*, utilizando o procedimento *Proc Stepwise*.

Para a verificação dos valores observados neste trabalho com outros da literatura, foi realizada comparação de médias de uma amostra com valor fixo através do teste t a 5% de probabilidade. Para verificar o ajuste dos modelos obtidos, foi realizado o teste de Qui-quadrado a 5% de probabilidade, para estabelecer a existência de diferenças estatisticamente significativas para o teste. Ainda, foi realizada análise gráfica dos resíduos em valor absoluto, que foram

calculados como a diferença entre o PCS determinado e os estimado para cada observação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância não revelou variação significativa do PCS ao longo do fuste das quatro espécies florestais (Tabela 1). Os valores médios foram de 4.482kcal kg⁻¹ para a *Acacia mearnsii*, de 4.511kcal kg⁻¹ para a *Mimosa scabrella*, de 4.346kcal kg⁻¹ para o *Eucalyptus grandis* e de 4.492kcal kg⁻¹ para o *Ateleia glazioviana*.

Para *Mimosa scabrella*, STURION & TOMASELLI (1990) encontram valores de PCS 4.414kcal kg⁻¹ semelhantes estatisticamente aos observados neste trabalho (4.346kcal kg⁻¹). No entanto, este valor foi inferior aos médios encontrados por SILVA et al. (1982) e SILVA & BIASSIO (2009) de 4.700kcal kg⁻¹ e 4.782kcal kg⁻¹, respectivamente (Tabela 1). Já para *Eucalyptus grandis*, o valor de 4.346kcal kg⁻¹ foi inferior aos verificados por JARA (1989) de 4790kcal kg⁻¹, por REZENDE (1984), equivalente a 4.805kcal kg⁻¹ e por VALE et al. (2000), na ordem de 4.641kcal kg⁻¹. No entanto, o valor de PCS observado para *Ateleia glazioviana* de 4.492kcal kg⁻¹ foi semelhante estatisticamente ao encontrado por MATTOS et al. (2000) de 4.637kcal kg⁻¹ e para *Acacia mearnsii*, o valor de 4.482kcal kg⁻¹ foi superior estatisticamente ao valor médio citado por KANNEGIESER (1990) de 3.744kcal kg⁻¹.

Verificando o potencial energético da madeira das espécies *Anadenanthera falcata* (Benth.) Spieg. (Angico-Branco) e *Myracrodruron urundeuva* Allemão (Aroeira) em diferentes idades, CINTRA (2009) observou que o poder calorífico superior demonstrou correlação positiva com a idade, ou seja, à medida que aumentou a idade das árvores, também aumentou a energia por unidade de massa. A maioria dos valores inferiores observados para *Mimosa scabrella* e *Eucalyptus grandis*, neste trabalho, em relação aos valores da literatura, são em decorrência de que as plantas avaliadas no presente estudo ainda são muito jovens e espera-se que, com o passar do tempo, esse valor tenda a aumentar.

Apesar disso, os valores já se encontram na faixa da média observada em 105 espécies florestais de cinco países tropicais por DOAT (1977), situados entre 4.310 e 5.170kcal kg⁻¹ e também relacionados aos citados por QUIRINO et al. (2005), entre 3.350 a 5.260kcal kg⁻¹ para a madeira de mais de cem espécies brasileiras. Já os valores semelhantes encontrados para *Ateleia glazioviana* e superior na *Acacia mearnsii* indicam que nessas espécies é possível avaliar o potencial energético mesmo quando jovem.

Embora não havendo diferença significativa ao longo do fuste, notam-se variações entre a média e entre o intervalo de confiança para cada posição, principalmente quando se tem na combinação somente de um disco (Figura 1A - 1D). Isso ocorre devido a que algumas propriedades da madeira podem influenciar

Tabela 1 - Resumo da análise de variância e comparação com valores da literatura do poder calorífico de quatro espécies florestais: *Acacia mearnsii*, *Eucalyptus grandis*, *Ateleia glazioviana* e *Mimosa scabrella*, no município de Frederico Westphalen-RS.

-----Resumo da análise de variância - efeito principal-----							
Fator de estudo	Grau de liberdade	Quadrado médio					
Posição	3	Poder calorífico superior					
Posição x Espécie	9	23961,3542 ^{ns}					
Total	12	14756,2801 ^{ns}					
Coeficiente de determinação	0,58						
Coeficiente de variação (%)	2,32						
-----Comparação com valores da literatura-----							
Espécie	Média	Média	α	Média	α	Média	α
Acácia negra	4482	3744 *	0,00004%	---	---	---	---
Bracatinga	4511	4414 ^{ns}	65,86%	4700 *	0,41%	4782*	0,01%
Eucalipto	4346	4641 *	0,02%	4805 *	0,0002%	4790 *	0,0003%
Timbó	4492	4637 ^{ns}	11,48%	---	---	---	---

^{ns} = não significativo.

*=significativo a $P > 0,05$.

1 = KANNEGIESER (1990). 2 = STURION & TOMASELLI (1990). 3 = SILVA et al. (1982). 4= SILVA & BIASSIO (2009). 5= VALE et al. (2000). 6= REZENDE (1984). 7= JARA (1979). 8= MATTOS et al. (2000).

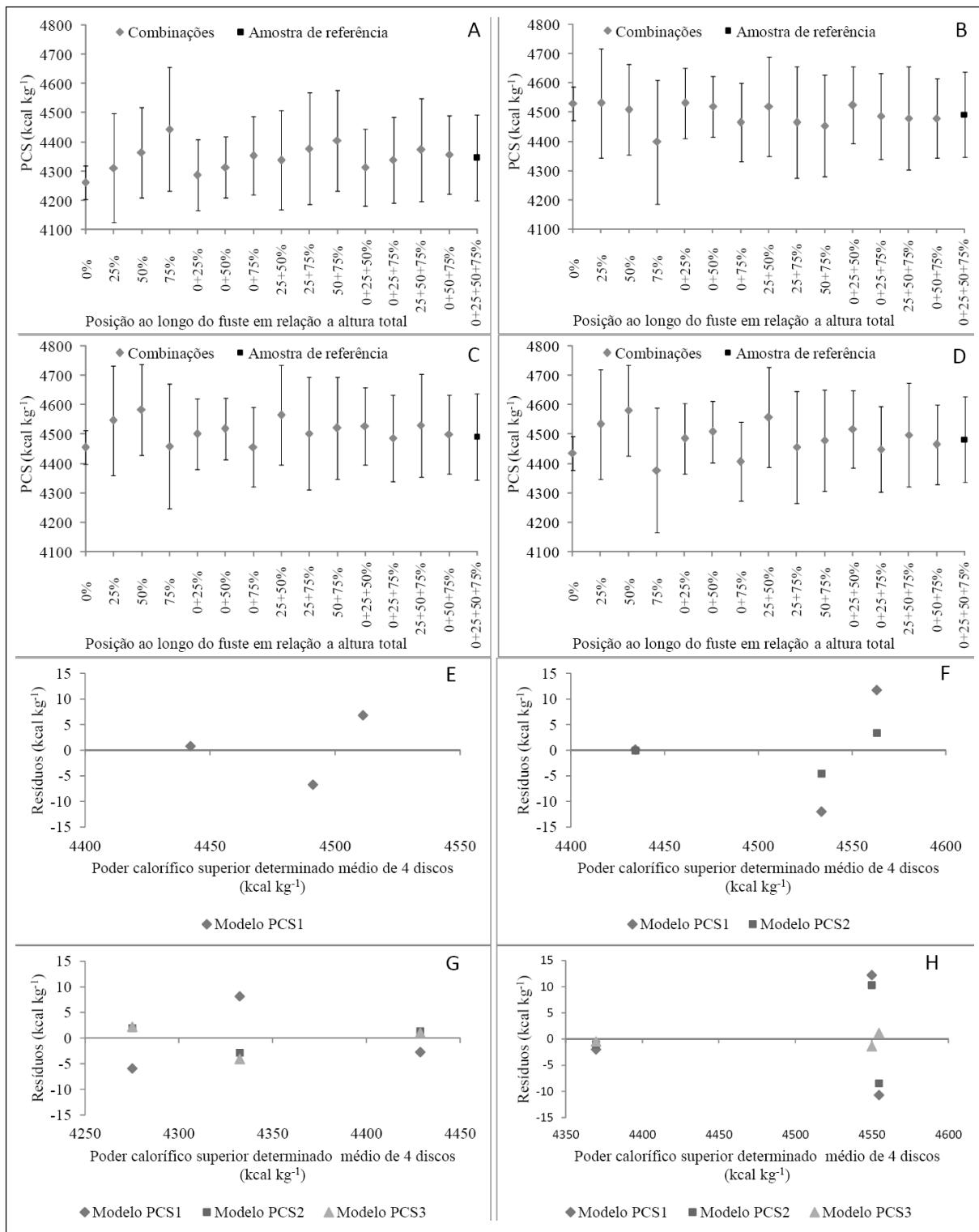


Figura 1 - Distribuição da média e intervalo de confiança (A-D) e dos resíduos (diferença entre o valor determinado médio de 4 discos e o estimado através dos modelos – descritos na tabela 3). (E-H) para diferentes combinações de amostragem ao longo do fuste para determinação do poder calorífico de quatro espécies florestais no município de Frederico Westphalen - RS. (A e H) *Ateliea glazioveana*. (B e G) *Eucalyptus grandis*. (C e F) *Mimosa scabrella*. (D e E) *Acacia mearnsii*.

no valor do poder calorífico. Entre elas, a massa específica (GATTO et al., 2003), o teor de lignina, materiais extractivos inflamáveis (óleos, resinas, ceras, etc.) (BURGER & RICHTER, 1991) e a composição química elementar da madeira (carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio e enxofre) (MUNALULA & MEINCKEN, 2009). A composição química também tem sua importância no teor de cinzas da madeira, pois, à medida que este aumenta, menor é a massa de material orgânico disponível para a combustão, diminuindo, assim, o poder calorífico da madeira. Embora não havendo variação significativa do PCS, numa próxima pesquisa, deve-se também dar preferência a avaliação das variáveis anteriormente citadas ao longo do fuste (massa específica, teor de lignina, materiais extractivos inflamáveis e composição química elementar), com o intuito de verificar correlações na tentativa de explicar as variações que ocorrem.

Conforme observado por SAIDELLES et al. (2010), os teores médios dos macronutrientes na *Acacia mearnsii* não apresentaram diferenças significativas nas diferentes alturas de amostragem ao longo de fuste, com exceção do N e do K na madeira, sendo que, quanto mais alta a posição no fuste, maior é o teor do N. Isso é associado à mobilidade desse elemento e, como já destacado, este é um elemento que pode vir a influenciar no valor de PCS. Essas condições vêm possivelmente influenciar no PCS da madeira, tendo em vista que seu valor também é uma função da composição química elementar. Isso sugere que talvez, com o aumento da idade das árvores, haja variação do PCS ao longo do fuste - o que não foi o observado neste trabalho, provavelmente devido ao pequeno tamanho das árvores.

De acordo com os resultados obtidos para estimativa do PCS em relação ao número de discos e à posição ao longo do fuste, para *Acacia mearnsii*, no mínimo três discos devem ser amostrados para uma boa estimativa, ao passo que, para *Mimosa scabrella*, dois discos. Já para o *Eucalyptus grandis* e *Ateleia glazioviana*, há a possibilidade de amostrar somente um disco (Tabela 2). Como já destacado, embora não ocorrendo variação significativa ao longo do fuste, ao aumentar a composição da amostra com diferentes posições, tende-se a chegar ao valor mais próximo da melhor média para a estimativa do parâmetro PCS, o que pode ser observado na figura 1 (A-D), pois, assim, tende-se a anular os efeitos dos extremos das observações e as influências das propriedades da madeira ligada ao PCS. Além disso, são estas as

posições que melhor contribuem para a explicação da média pretendida a ser alcançada, tendo em vista, conforme citam DRAPER & SMITH (1980), que a regressão múltipla “passo a passo” (*Stepwise Multiple Regression*) é um dos métodos mais recomendados para uma seleção criteriosa das variáveis explicativas, no estabelecimento de um modelo.

Para *Eucalyptus grandis* e *Ateleia glazioviana*, é possível estimar o PCS a partir de um disco, respectivamente, nas posições 50% e 0% e, para *Mimosa scabrella*, com dois discos, nas posições 0+75%, haja vista os altos coeficientes de correlação (Tabela 3) e determinação (Tabela 2) obtidos e o ajuste observado através do teste Qui-quadrado (Tabela 2). Com isso, podem-se diminuir os custos da amostragem, bem como da análise de PCS, conseguindo-se boas medidas, já que o pequeno resíduo obtido, máximo de $\pm 12\text{kcal kg}^{-1}$ (Figura 1, E-H), é um valor muito baixo, quando comparado ao valor de PCS médio das espécies de 4.458kcal kg^{-1} , correspondendo a cerca de $\pm 0,3\%$.

A diferença das espécies em relação às posições dos discos pode ser explicada num próximo estudo, através da análise da composição elementar ao longo do fuste, visto que a composição química pode vir a influenciar no PCS. Caso haja variação desses elementos em anos posteriores, isso sugere que provavelmente o ponto de amostragem não será o mesmo.

Para serem obtidos valores mais acurados, no mínimo, três discos devem ser amostrados para montagem de uma amostra composta, sendo para *Acacia mearnsii*, *Mimosa scabrella* e *Eucalyptus grandis* nas posições 0%, 25% e 75% e para *Ateleia glazioviana*, nas posições 25%, 50% e 75% em relação à altura total. Nessas posições é que se obtém o valor mais próximo da média composta de quatro discos (partindo do pressuposto de que esta é a mais representativa, como é destacado no item material e métodos), o que pode ser observado na figura 1 e na seleção dos modelos pelo procedimento *stepwise* (Tabela 2), pois estas são as combinações com maior correlação linear simples com a média de 4 discos, considerada a mais representativa, visto não haver variação significativa ao longo da árvore.

Entretanto, em função dos custos envolvidos para medir o PCS e visando à praticidade, é possível obter uma boa determinação para *Eucalyptus grandis* e *Ateleia glazioviana* a partir de um disco, respectivamente, nas posições 50% e 0% e, para *Mimosa scabrella*, com dois discos, nas posições 0+75%. No entanto, ainda no caso de desejo de

Tabela 2 - Seleção de combinações de amostragem ao longo do fuste, seleção e teste de modelos para estimativa do poder calorífico de quatro espécies florestais: *Acacia mearnsii*, *Mimosa scabrella*, *Eucalyptus grandis* e *Ateleia glazioviana*, no município de Frederico Westphalen – RS.

Espécie	Seleção de combinações de amostragem			
	1	2	3	Todas
<i>Acacia mearnsii</i>	ns	ns	0+25+75	0+25+75
<i>Mimosa scabrella</i>	ns	0+75	0+25+75	0+25+75
<i>Eucalyptus grandis</i>	0+50%	0+50	0+25+75	0+25+75
<i>Ateleia glazioviana</i>	0%	50+75%	25+50+75%	25+50+75%
Seleção e teste dos modelos				
	Combinação / Modelo		R ²	α (%)
Acácia negra	1 e 2 disco - NS			
	3 disco			
	PCS ₁ = 1391,80127+0,69448*(0+25+75)		0,96	98,98 ^{ns}
Bracatinga	1 disco - NS			
	2 disco			
	PCS ₁ = 1466,27371+0,68311*(0+75)		0,98	96,96 ^{ns}
	3 disco			
Eucalipto	PCS ₂ = 787,01821+0,83006*(0+25+75)		0,996	99,65 ^{ns}
	1 disco			
	PCS ₁ = 855,85883+0,79956*(50)		0,99	98,75 ^{ns}
	2 disco			
Timbó	PCS ₂ = 702,89793+0,84447*(0+50)		0,998	99,84 ^{ns}
	3 disco			
	PCS ₃ = -380,42431+1,08921*(0+25+75)		0,998	99,74 ^{ns}
	1 disco			
PCS ₁ = -6904,32347+2,51586*(0)			0,98	97,10 ^{ns}
	2 disco			
	PCS ₂ = 749,00402+0,84042*(50+75)		0,99	98,05 ^{ns}
PCS ₃ = 775,9454+0,82965*(25+50+75)			0,998	99,96 ^{ns}

Em que: 1 = valor médio das amostras individuais de discos (0%, 25%, 50% e 75%); 2 = valores médios da combinação com dois discos (0+25%, 0+50%, 0+75%, 25+75%, 25+50%, 25+75% e 50+75%); 3 = valores médios da combinação com três discos (0+25+50%, 0+25+75%, 25+50+75% e 0+50+75%). Todas = seleção do modelo quando avaliadas todas as combinações possíveis para a amostragem, ou seja, entre 1, 2 e 3. NS = não significativo em nível de tolerância fixado a 0,15. ns = não significativo, o que implica o fato de não existir diferença estatisticamente significativa entre os valores estimados com os modelos e determinados a partir da média de quatro discos para o teste de qui-quadrado.

melhorar tal medida, podem-se utilizar os dados coletados para entrada nos modelos gerados neste trabalho, obtendo-se boas estimativas, visto os baixos resíduos observados e o bom ajuste identificado através do teste Qui-quadrado.

CONCLUSÃO

Para *Eucalyptus grandis* e *Ateleia glazioviana*, é possível estimar o poder calorífico superior a partir de um disco, respectivamente, nas

posições 50% e 0%, para a *Mimosa scabrella* com dois discos, nas posições 0+75% e para *Acacia mearnsii*, três discos, nas posições 0+25+75%.

Para padronizar o número de amostras ao longo do fuste, recomenda-se, para a *Acacia mearnsii*, *Mimosa scabrella* e *Eucalyptus grandis*, que sejam retiradas no mínimo três discos, respectivamente, nas posições 0%, 25% e 75% ao longo do fuste e, para *Ateleia glazioviana*, nas posições 25%, 50% e 75% em relação à altura total, para montagem de uma amostra composta.

Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson entre o valor médio de poder calorífico superior de 4 discos e combinações de discos ao longo do fuste para estimativa do poder calorífico de quatro espécies florestais.

Espécie	Poder Calorífico Superior	Coeficiente de correlação de Pearson para as combinações			
		1 disco			
		0%	25%	50%	75%
<i>Acacia mearnsii</i>	Média de 4 discos (4482 kcal kg ⁻¹)	0,740	-0,270	-0,170	0,550
		2 discos			
		0+25 0,370	0+50 0,570	0+75 0,880	25+50 -0,240
		25+75 0,680	25+75 0,610	50+75	
		3 discos			
		0+25+50 0,270	0+25+75 0,980	25+50+75 0,780	0+50+75 0,930
		1 disco			
		0% 0,680	25% 0,930	50% 0,890	75% 0,860
		2 discos			
		0+25 0,810	0+50 0,760	0+75 0,990	25+50 0,920
		25+75 0,950	50+75 0,920		
<i>Mimosa scabrella</i>	Média de 4 discos (4511 kcal kg ⁻¹)	3 discos			
		0+25+50 0,830	0+25+75 0,998	25+50+75 0,970	0+50+75 0,996
		1 disco			
		0% 0,990	25% 0,960	50% 0,995	75% -0,280
		2 discos			
		0+25 0,970	0+50 0,999	0+75 0,900	25+50 0,990
		25+75 0,990	50+75 0,810		
		3 discos			
		0+25+50 0,990	0+25+75 0,999	25+50+75 0,997	0+50+75 0,970
		1 disco			
		0% 0,990	25% 0,980	50% 0,950	75% 0,930
<i>Eucalyptus grandis</i>	Média de 4 discos (4346 kcal kg ⁻¹)	2 discos			
		0+25 0,970	0+50 0,999	0+75 0,900	25+50 0,990
		25+75 0,990	50+75 0,810		
		3 discos			
		0+25+50 0,990	0+25+75 0,999	25+50+75 0,997	0+50+75 0,970
		1 disco			
		0% 0,990	25% 0,980	50% 0,950	75% 0,930
		2 discos			
		0+25 0,990	0+50 0,980	0+75 0,940	25+50 0,970
		25+75 0,990	50+75 0,996		
		3 discos			
		0+25+50 0,980	0+25+75 0,990	25+50+75 0,999	0+50+75 0,995

REFERÊNCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 8633**: carvão vegetal – determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro, 1994. 13p.

BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.

CARON, B.O. et al. Resistência inicial de quatro espécies arbóreas em diferentes espaçamentos após ocorrência de geada. **Ciência rural**, Santa Maria, v.41, n.5, p.817-822, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v41n5/a948cr4443.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2012.

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”, Piracicaba, SP.

DOAT, J. Le pouvoir calorifique des bois tropicaux. **Revue Bois et Forêts Tropicaux**, Nancy, v.172, p.33-48, 1977. Disponível em: <http://bft.cirad.fr/cd/BFT_172_33-55.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2011.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1980. 709p.

GATTO, D.A. et al. Características da lenha produzida na região quarta colônia de imigração italiana do Rio Grande do

Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.13, n.2, p.7-16, 2003. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/cienciaflorestal/artigos/v13n2/A2V13N2.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2011.

JARA, E.R.P. O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil. **IPT – Comunicação Técnica**, São Paulo, v.1797, p.1-6, 1989.

KANNEGIESER, U. Apuntes sobre algunas acacias australianas: 1. *Acacia mearnsii* De Wild. **Ciencia e Investigación Forestal**, Concepción, v.4, n.2, p.198-212, 1990.

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://www.ufsm.br/rba/p14181.html>>. Acesso em: 16 jul. 2011.

MATTOS, P.P. et al. **Caracterização física, química e anatômica da madeira de Ateleia glazioviana**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 6p. (Comunicado Técnico, 47).

MUNALULA, F.; MEINCKEN, M. An evaluation of South African fuel wood with regards to calorific value and environmental impact. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v.33, n.3, p.415-420, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article>>. Acesso em: 19 jul. 2011.

PEREIRA, J.C.D.; HIGA, R.C.V. Propriedades da madeira de *Taxodium distichum* (L.) Rich. **Comunicado Técnico**, Colombo, n.108, 5p, 2003.

QUIRINO, W.F. et al. Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulosicos. **Revista da Madeira**, São Paulo, v.89, p.100-106, 2005.

REZENDE, M.A. **Uso da técnica de atenuação da radiação gama no estudo da biomassa de Eucalyptus grandis**. 1984.

74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia Nuclear na Agricultura) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

SAIDELLES, F.L.F. et al. Determinação do ponto de amostragem para a quantificação de macronutrientes em *Acacia mearnsii* de Wild. **Floresta**, Curitiba, v.40, n.1, p.49-62, 2010. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/floresta/article/viewArticle/17098>>. Acesso em: 17 jul. 2011.

SAS LEARNING EDITION. **Getting started with the SAS Learning Edition**. Cary, 2002. 200p.

SILVA, D.A.; BIASSIO, B. Múltiplos usos da *Mimosa scabrella*. **Revista da Madeira**, São Paulo, n.120, p.23-25, 2009.

SILVA, L.B.X. et al. Estudo comparativo da produção de biomassa para energia entre 23 espécies florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte, MG. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1983. p.872-878.

STURIOM, J.A.; TOMASELLI, I. Influência do tempo de estocagem de lenha de bracatinga na produção de energia. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v.21, p.37-47, 1990.

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/13-02-20>>. Acesso em: 18 jul. 2011.

VALE, A.T. et al. Qualificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.1, p.71-80, 2002. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.229>>. Acesso em: 18 jul. 2011.