



## EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTOS CLONAL E SEMENTE

TRENTIN, Aline Biasoli<sup>1</sup>; TRENTIN, Carline Biasoli<sup>2</sup>; SALDANHA, Dejanira Luderitz<sup>3</sup>;  
KUPLICH, Tatiana Mora<sup>4</sup>

**RESUMO** – (EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA EM POVOAMENTOS DE EUCALIPTOS CLONAL E SEMENTE). Este artigo teve por objetivo avaliar a utilização de equações alométricas para estimativa de biomassa em plantios de eucalipto clonal e semente. Foram coletados em campo dados de diâmetro à altura do peito e altura das árvores de eucalipto, considerando o tipo de propagação e idades diferentes. Os dados foram inseridos em três equações alométricas, resultando valores de biomassa. Os resultados mostraram diferenças nos valores de biomassa entre as equações, bem como entre os tipos de propagação (clonal e semente). As estimativas de biomassa mais acuradas foram geradas pelas equações de Silva et al. (2004) e Mello; Gonçalves (2008).

**Palavras-chave:** Dados dendrométricos; método não-destrutivo; alocação de biomassa.

**ABSTRACT** – (EQUATIONS ALLOMETRIC TO ESTIMATE OF BIOMASS IN EUCALYPTUS STANDS AND SEED CLONAL). This article aims to evaluate the use of allometric equations to estimate biomass in clonal and seed eucalyptus plantations. In field, were collected data of diameter at breast height and height of eucalyptus, considering the type of propagation and ages different. The data were inserted into three allometric equations, resulting values of biomass. The results showed differences in the values of biomass between the equations, as well as between types of propagation (seed and clonal). More accurate biomass estimates were generated by the equations of Silva et al. (2004) and Mello ; Gonçalves (2008).

**Key-words:** Dendrometric data; non-destructive method; biomass allocation.

<sup>1</sup>Curso de Engenharia Florestal, Campus São Gabriel, Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA – São Gabriel/RS – BRASIL, alinetrentin@unipampa.edu.br.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS – Porto Alegre/RS – BRASIL, cbtrentin@yahoo.com.br.

<sup>3</sup> Departamento de Geodésia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS – Porto Alegre/RS – BRASIL, dejanira.saldanha@ufrgs.br.

<sup>4</sup> Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – Santa Maria/RS – BRASIL, tatiana.kuplich@inpe.br.

## 1. INTRODUÇÃO

O monitoramento da biomassa fornece importantes informações sobre a estabilidade do ecossistema e a ocorrência de mudanças significativas ao longo do tempo (JENSEN, 2009, p. 378). O conhecimento da alocação de biomassa é importante para o entendimento dos processos de ciclagem de nutrientes e é essencial para definições estratégicas de manejo, como a aplicação de fertilizantes e a intervenção por meio de desbaste em povoamentos implantados (SANTANA et al., 2008, p. 704).

A biomassa é determinante para avaliar o potencial da emissão de carbono lançado na atmosfera, sendo que mudanças regionais relacionadas à quantidade de biomassa têm sido associadas às características funcionais dos ecossistemas e as mudanças climáticas (LU, 2006, p. 1298). Os ecossistemas florestais se destacam entre os ecossistemas terrestres como principal componente em relação à troca de carbono com a atmosfera, em função da biomassa florestal resultar do processo de acumulação de carbono. Dessa forma, a biomassa é um parâmetro essencial na modelagem do balanço de carbono terrestre, devido a sua relação com o carbono estocado pela vegetação

(aproximadamente metade da biomassa corresponde ao carbono) e na quantidade de carbono transferido para a serapilheira e o solo (ZHENG et al., 2007, p. 616).

A distribuição da biomassa em ecossistemas florestais deriva da condição da vegetação, do tipo, da sua estrutura e localização (ROY; RAVAN, 1996, p. 559). Para Vieira et al. (2008, p. 23), a biomassa vegetal é uma função da arquitetura da floresta, da densidade da madeira e do volume da madeira - obtido pelo diâmetro e altura. Mais detalhadamente, Martinelli et al. (1994) apud Silveira et al. (2008, p. 187) destacam que a soma dos componentes - biomassa viva horizontal acima do solo (composta de árvores e arbustos), biomassa morta acima do solo (serapilheira e troncos caídos) e biomassa abaixo da superfície do solo (raízes) - resulta na biomassa total do material vegetal de uma floresta.

A estimativa de biomassa vegetal pode ser realizada por métodos destrutivos e não-destrutivos. Os métodos destrutivos permitem a quantificação direta da biomassa, porém demandam muita logística. Além disso, em alguns casos não é possível recorrer a este método devido a impossibilidade legal do corte da vegetação em áreas de conservação ou preservação e quando se trata de

propriedades particulares que não permitem a destruição da vegetação. Os métodos não-destrutivos estão baseados na utilização de equações alométricas e em produtos de sensoriamento remoto. A determinação de biomassa através das equações utiliza variáveis biofísicas, como os dados de altura e diâmetro coletados em campo, que são inseridos em uma função representando esta relação (KUNTSCHIK, 2004, p. 5; BAJRACHARYA, 2008, p. 16).

Considerando a dificuldade para a determinação de biomassa através do método destrutivo, muitas pesquisas têm demonstrado a eficácia na utilização de análises de regressão (equações alométricas) para desenvolver modelos estatísticos preditores de biomassa (HIGUCHI *et al.*, 1998, p. 153; SILVA, 2007, p. 4). Em muitos trabalhos, a variável DAP tem mostrado correlações significativas com o peso das árvores, enquanto a altura pode ser importante principalmente para diferir árvores com DAP semelhantes (SILVA, 2007, p. 13).

Nesse sentido, dados de inventários florestais podem ser utilizados para a predição de biomassa acima do solo (CHAVE *et al.*, 2005, p. 87), em razão da quantidade de dados coletados, de grandes áreas amostradas e de um método de coleta planejado que representa a população de

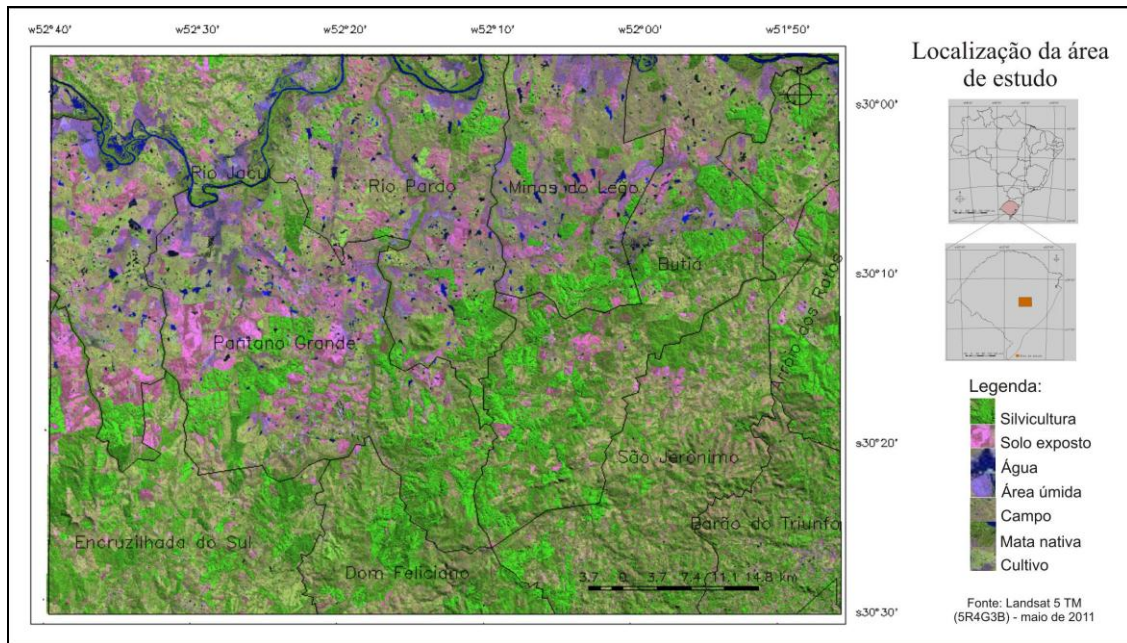
interesse (BROWN *et al.*, 1989, p. 883). Entre as variáveis coletadas, as mais importantes são o diâmetro do tronco, a altura total (CHAVE *et al.*, 2005, p. 96) e o cálculo do volume florestal (BROWN *et al.*, 1989, 899). Utilizando o diâmetro na altura do peito (DAP) e a altura total das árvores (H), Soares *et al.* (2005, p. 718) apresentaram equações bastante precisas para estimativa de carbono em povoamento de eucalipto, com correlações maiores que 97,9%.

A utilização de equações alométricas, considerando variáveis resultantes de inventários florestais é comum em áreas de plantios arbóreos (KUNTSCHIK, 2004, p. 5). Clark *et al.* (2001, p. 358) salientam que quando não existem equações alométricas disponíveis para predição de biomassa considerando determinada espécie e local é importante ajustar a equação que mais se aproxima das condições do local que está em estudo. Vieira *et al.* (2008, p. 27), no entanto, observam que os modelos alométricos podem ser específicos para um determinado local e destacam que podem ser utilizados modelos com apenas uma variável - como o DAP, quando o estudo se referir ao monitoramento da variação temporal.

Considerando o exposto, este artigo tem como objetivo avaliar a acurácia de

modelos de estimativa de biomassa a partir de dados medidos em campo por método não-destrutivo, em povoamentos de eucalipto, derivados de plantios clonais e por semente, localizados em uma porção da região sudeste do estado do Rio Grande

do Sul (Figura 1). Destaca-se a importante contribuição na área do conhecimento, proporcionando novas informações e alternativas para o estudo de plantios arbóreos na região estudada.



**Figura 1** - Localização da área de estudo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

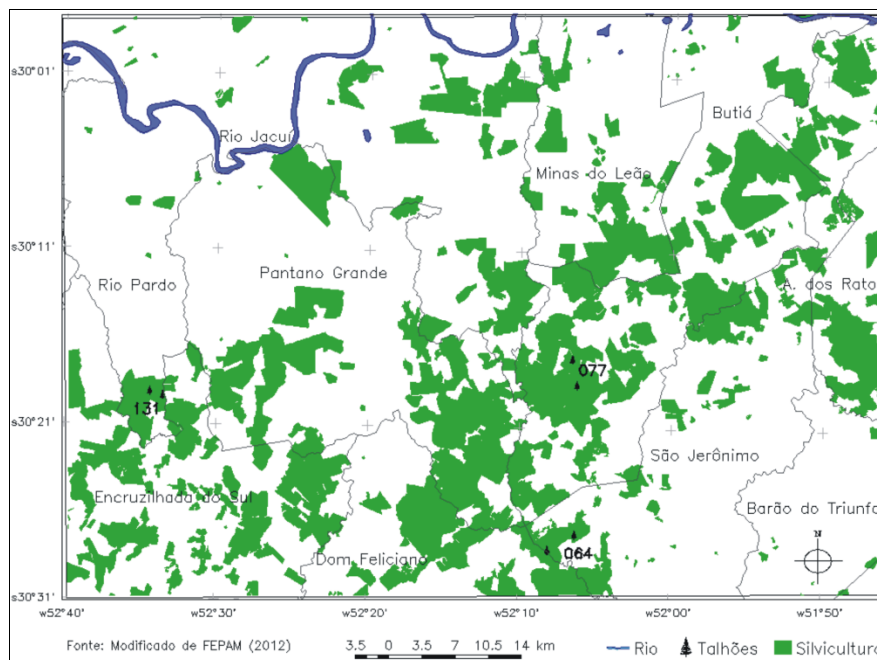
Os parâmetros utilizados para determinação da biomassa por meio de equações alométricas foram a altura da árvore (H) e o diâmetro à altura do peito (DAP), coletados em campo. Considerou-se povoamentos de eucalipto em hortos da empresa Celulose Riograndense, compostos por espécies (*E. dunnii* e *E. saligna*, principalmente), tipo de propagação (clonal e por semente) e idades diferentes. Destaca-se que não foram

diferenciadas espécies, somente tipo de propagação (clonal e por semente) e idade (3, 5 e 7 anos).

Três hortos florestais (131 - Limoeiro, 077 - Aldo Sani e 064 - Ramos) foram escolhidos, sendo selecionados dois talhões em cada um deles: um com plantio de eucalipto por semente e outro com plantio de eucalipto clonal, resultando em seis talhões (Figura 2). Em cada um dos talhões foram marcadas três parcelas de 5 x 5 árvores (totalizando 18 parcelas de 4 linhas e 4 colunas - considerando as entrelinhas de plantio). A escolha das áreas

de amostragem em campo priorizou a proximidade entre os talhões clonais e de semente (para facilitar o deslocamento), e

idades de 3, 5 e 7 anos no período de coletados dados em campo.



**Figura 2** - Localização dos hortos florestais escolhidos para amostragem em campo.

Os dados de H e DAP foram coletados no dia 19 de junho de 2014. As medidas de H foram realizadas utilizando o equipamento hipsômetro Vertex, o qual retorna o valor da altura após medir a distância entre a base (a 1,3 metros) e a copa da árvore. Esta medida foi realizada em cinco, das vinte e cinco árvores totais, de cada uma das parcelas. O DAP foi calculado a partir da medida da circunferência à altura do peito (CAP), utilizando uma trena normal. Com o valor da CAP aplicou-se a fórmula do diâmetro ( $DAP = CAP/\pi$ ), resultando no dado de DAP requerido. Em campo, a CAP foi

medida em todas as árvores (vinte e cinco) que compõe cada uma das parcelas. Para o cálculo da média de cada talhão, considerou-se a média de setenta e cinco árvores, que se refere ao total das três parcelas localizadas dentro do talhão.

A estimativa da biomassa acima do solo para o eucalipto foi calculada utilizando equações alométricas disponíveis na literatura (Tabela 1). Foram escolhidas duas equações aleatórias geradas para plantios de eucalipto (SILVA *et al.*, 2004, p. 91; MELLO; GONÇALVES, 2008, p. 106), que consideram os parâmetros DAP e H para o

cálculo da biomassa do fuste. Uma terceira equação (CHAVE *et al.*, 2005, p. 92) foi selecionada com a finalidade de testar os

parâmetros (DAP e H) de eucalipto, em uma equação gerada para florestas tropicais.

**Tabela 1** - Equações alométricas utilizadas no estudo

$Y = \exp(-2.977 + \ln(p \times DAP^2 \times H))$	Chave <i>et al.</i> (2005) <sup>1</sup>
$Y = \exp(-5,95150 + 1,18123 \times \ln(DAP^2 \times H))$	Silva <i>et al.</i> (2004)
$Y = \exp(-4,54731 + 2,13859 \times \ln DAP + 1,0236 \times \ln H)$	Mello & Gonçalves (2008)

Legenda: Y - biomassa (kg); ln - logaritmo natural; p - densidade da madeira; DAP - diâmetro à altura do peito; H - altura.

<sup>1</sup>p = 0,771 para eucalipto *saligna* - *Global Wood Density Database*.

A inserção dos valores de DAP e H nas equações alométricas resultou na biomassa estimada para cada árvore. Considerando que a biomassa total é a soma da biomassa de todas as árvores da parcela (BAKER *et al.*, 2011, p. 4), este valor foi extrapolado para o nível de hectare. Considera-se que os plantios clonais possuem espaçamento entre as árvores de aproximadamente 3 x 3m, totalizando 1.111 árvores por hectare, e plantios por semente espaçamento aproximado de 3 x 2,5m, totalizando 1.333 árvores por hectare. A partir desses valores realizou-se uma regra de três simples:

a) plantios clonais - 75 árvores (total de árvores amostradas) possuem média de Ykg em 675m<sup>2</sup> (se 10.000m<sup>2</sup> possuem 1.111 árvores, 75 árvores ocupam 675m<sup>2</sup>), portanto, 10.000m<sup>2</sup> (1 hectare) possuem Ykg.

b) plantios por semente - 75 árvores (total de árvores amostradas) possuem

média de Ykg em 563m<sup>2</sup> (se 10.000m<sup>2</sup> possuem 1.333 árvores, 75 árvores ocupam 563m<sup>2</sup>), portanto, 10.000m<sup>2</sup> (1 hectare) possuem Ykg.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apresentados na Tabela 2 mostram os resultados da estimativa de biomassa calculada por meio das equações alométricas. Os resultados da equação desenvolvida por Chave *et al.* (2005, p. 92) apresentam os maiores valores (mínimo de 136,15 e máximo de 475,14), consideravelmente superiores aos valores encontrados utilizando as equações de Silva *et al.* (2004, p. 91) e Mello; Gonçalves (2008, p. 106) (mínimo de 38,76 e máximo de 209,73). Em relação às equações para estimativa somente da biomassa do fuste em eucalipto, os valores encontrados neste estudo considerando a equação alométrica de Silva *et al.* (2004, p.

91) foram inferiores quando comparados aos valores (Tabela 2) obtidos a partir da equação de Mello; Gonçalves (2008, p. 106).

**Tabela 2** - Biomassa estimada através de equações alométricas em plantios clonais e por semente, em diferentes idades

Idade	Biomassa estimada (tonelada/hectare - t/ha)					
	Chave et al. (2005) <sup>(1)</sup>		Silva et al. (2004) <sup>(2)</sup>		Mello; Gonçalves (2008) <sup>(3)</sup>	
	Clone	Semente	Clone	Semente	Clone	Semente
3 anos	136,15	184,95	38,76	53,86	56,56	77,26
5 anos	334,90	352,98	112,23	115,56	145,49	152,11
7 anos	475,14	430,90	169,66	146,27	209,73	187,31

<sup>(1)</sup>Total de biomassa acima do solo - equação gerada para florestas tropicais;

<sup>(2)</sup><sup>(3)</sup>Total de biomassa do fuste - equações geradas para plantios de eucalipto.

Considerando as idades de 3 e 5 anos, independente da equação analisada, a biomassa estimada apresenta valores maiores nos plantios procedentes de semente. No entanto, quando analisamos os valores de biomassa estimada para plantios de 7 anos de idade, destacam-se os maiores valores de biomassa estimada em plantios clonais.

maior incremento de biomassa, em plantios provenientes de clones e semente, quando estes se encontram na fase de 3 a 5 anos de idade. Considerando o período de 5 a 7 anos, este acréscimo é menor. Em relação aos dois períodos, os plantios clonais apresentam maior incremento de biomassa comparado aos plantios procedentes de semente.

Analisando a Tabela 3 observa-se

**Tabela 3** – Acréscimo na quantidade de biomassa estimada para clones e sementes considerando o intervalo entre 3 – 5 anos e 5 – 7 anos de idade

Período	Biomassa estimada (tonelada/hectare - t/ha)					
	Chave et al. (2005) <sup>(1)</sup>		Silva et al. (2004) <sup>(2)</sup>		Mello; Gonçalves (2008) <sup>(3)</sup>	
	Clone	Semente	Clone	Semente	Clone	Semente
3-5 anos	198,75	168,03	73,47	61,70	88,93	74,85
5-7 anos	140,24	77,92	57,43	30,71	64,24	35,20

<sup>(1)</sup>Total de biomassa acima do solo - equação gerada para florestas tropicais;

<sup>(2)</sup><sup>(3)</sup>Total de biomassa do fuste - equações geradas para plantios de eucalipto.



A alocação de biomassa em plantios arbóreos é importante para o entendimento dos processos de ciclagem de nutrientes e essencial para definições das estratégias de manejo, como aplicação de fertilizantes e a intervenção por meio de desbaste (SANTANA et al., 2008, p. 704).

Os valores muito superiores (mínimo de 136,15 e máximo de 475,14) resultado da equação desenvolvida por Chave et al. (2005, p. 92) em relação aos resultados (mínimo de 38,76 e máximo de 209,73) das equações de Silva et al. (2004, p. 91) e Mello; Gonçalves (2008, p. 106) pode ser explicada pelo acréscimo em relação aos demais componentes da biomassa acima do solo e não somente na biomassa do fuste. Além disso, pode estar relacionada principalmente ao tipo florestal (floresta tropical), para qual foi gerada a equação de Chave et al. (2005, p. 92), sendo assim, não recomendada para estudos em plantios arbóreos de eucalipto.

Nos resultados das equações de Silva et al. (2004, p. 91) e Mello; Gonçalves (2008, p. 106), que estimaram a biomassa do fuste em eucalipto, os valores inferiores observados para a equação de Silva et al. (2004, p. 91) podem estar associados possivelmente a parâmetros

como espécie, local do plantio, fertilização, entre outros que não foram considerados neste estudo, e não somente vinculado as diferenças entre o DAP e a H.

Os valores gerados pela equação de Mello; Gonçalves (2008, p. 106) e Silva et al. (2004, p. 91) se assemelham aos dados encontrados por Schumacher; Caldeira (2001, p. 48), de 83,2 t/ha de biomassa total acima do solo em povoamento de *Eucalyptus globulus* aos 4 anos de idade, sendo que somente o componente madeira do tronco apresentou 57,5 t/ha, valor bastante próximo do encontrado neste estudo para biomassa do fuste em eucalipto clonal de 3 anos de idade (56,56 t/ha) utilizando a equação proposta por Mello; Gonçalves (2008, p. 106).

Ainda de acordo com Schumacher; Caldeira (2001, p. 46), o padrão de crescimento de um plantio arbóreo, na fase juvenil, apresenta tendência a utilizar os nutrientes para a formação da copa, concentrando maior biomassa nesse compartimento. À medida que o plantio se desenvolve, ocorre o aumento da biomassa no tronco e a diminuição nas folhas. Esta constatação pode explicar o aumento na biomassa no fuste aos 5 e 7 anos, em relação aos 3 anos, observado nos valores



de biomassa estimada das equações de Silva et al. (2004, p. 91) e Mello; Gonçalves (2008, p. 106).

Outros trabalhos também calcularam a quantidade de biomassa para eucalipto, como Vieira et al. (2012, p. 2485), que encontraram 18,5 t/ha de biomassa acima do solo para eucalipto com 1,5 anos de idade na Serra do Sudeste/RS. Santana et al. (1999, p. 160), apresentaram em plantios de eucalipto *grandis* e eucalipto *saligna* aos 6,5 anos de idade, biomassa do tronco com valores entre 93 t/ha (mínimo) e 182 t/ha (máximo), estimadas para diferentes locais no Estado de São Paulo.

Santana et al. (2008, p. 702) estudaram diversos plantios de eucalipto em diferentes partes do Brasil, conduzido em povoamentos de seis meses a onze anos de idade, encontrando para a Depressão Central do RS, biomassa média observada de 157 t/ha e estimada de 148 t/ha aos 7 anos de idade, dados bem próximos aos estimados neste estudo de acordo com as equações de Mello; Gonçalves (2008, p. 106) aos 5 anos e de Silva et al. (2004, p. 91) aos 7 anos. Ainda, reforçam que a biomassa estimada apresentou bastante variação entre as regiões (diferença entre a maior e menor produtividade foi de 146 t/ha), destacando que a menor

produtividade estava relacionada aos locais com menor disponibilidade de água.

O incremento de biomassa verificado neste trabalho, entre os períodos de 3-5 anos e 5-7 anos (Tabela 3), foi consideravelmente maior quando comparado ao estudo realizado por Santana et al. (2008, p. 702) em povoamentos localizados no Estado de Minas Gerais (3-5 anos – 21,3 t/ha; 5-7 anos – 10,6 t/ha) e Espírito Santo (3-5 anos – 71,9 t/ha; 5-7 anos – 12,9 t/ha). Destaca-se a exceção em relação ao período de 3-5 anos observado no Estado do Espírito Santo, no qual o valor de biomassa assemelha-se a biomassa estimada (73,47 t/ha) em plantio clonal pela equação de Silva et al. (2004, p. 91).

Considerando os valores de acréscimo de biomassa, com maior incremento no período de 3-5 anos e menor no período de 5-7 anos, Santana et al. (2008, p. 703) ressaltam que mesmo com um incremento menor conforme a idade do povoamento avança, os plantios de eucalipto não atingem o ponto de máxima produção. Esta afirmação é justificada pelo autor ao observar que as produções de biomassa estimada encontradas no seu estudo, continuavam crescentes em todas as faixas de idade (até 11 anos) estudadas.

Nesse sentido, as diferenças encontradas na biomassa estimada neste estudo, podem estar relacionadas às

considerações de Silva et al. (2004, p. 91), que comentam sobre a dependência da alocação de biomassa em relação a diferença existente entre espécies e seus compartimentos. Além disso, Caldeira et al. (2001, p. 100) explicam que a produção de biomassa em um povoamento florestal é função de vários fatores, incluindo a espécie, a idade e as condições edafoclimáticas, não limitando-se aos parâmetros utilizados neste estudo.

Em síntese, os resultados apresentados pelas três equações utilizadas neste estudo, demonstraram que as melhores estimativas para os povoamentos de eucalipto em geral, considerando a parte comercial da madeira, são os valores de biomassa estimada apresentados pelas equações de Silva et al. (2004, p. 91) e Mello; Gonçalves (2008, p. 106), referindo-se a biomassa em eucalipto e retornando valores semelhantes a outros trabalhos encontrados na literatura (SCHUMACHER; CALDEIRA, 2001, p. 48; SANTANA et al., 2008, p. 702).

#### 4. CONCLUSÃO

As equações alométricas de Silva et al. (2004, p. 91) e Mello; Gonçalves (2008, p. 106), utilizando DAP e H, retornaram valores apropriados para a quantificação de

biomassa estimada em plantios arbóreos de eucalipto. A utilização conjunta dos dados de DAP e H podem contribuir para estudos de plantios arbóreos, podendo ser utilizados para a diferenciação entre povoamentos clonais e por semente, além de estimativas de incremento de biomassa em relação a idade dos plantios.

No entanto, outras variáveis, principalmente em relação às características do plantio de eucalipto (espécie, espaçamento, estágio dos plantios, fertilização e local de plantio), podem alterar a estimativa de biomassa. A avaliação e aplicação de outras metodologias com inclusão de outras variáveis, bem como a coleta de dados de campo com uma amostragem maior para a validação dos dados, são sugeridas para estudos futuros.

#### 5. REFERÊNCIAS

BAJRACHARYA, S. **Community Carbon Forestry: Remote Sensing of Forest Carbon and Forest Degradation in Nepal**. 2008. 92 p. Thesis (Master of Science) - International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, Netherlands.

BAKER, T.; HONORIO, E.; BRIENEN, R.; FELDPAUSCH T. **Manual de monitoramento do ciclo de carbono da floresta amazônica: Cálculo de biomassa de caules e ramos protocolo RAINFOR**. Disponível em:

<rainfor.org/upload/manualspor/biomass\_calculations\_rainfor\_manual\_2011\_port.pdf >. Acesso em 14 Jun. de 2014.

BROWN, S.; GILLESPIE, A.J.R.; LUGO, A.E. Biomass Estimation Methods for Tropical Forests with Applications to Forest Inventory Data. **Forest Science**, v. 35, n. 4, p. 881-902, 1989.

CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; SANTOS, E.M.; TEDESCO, N.; PEREIRA, J.C. Acúmulo de biomassa aérea em um povoamento de *Acacia mearnsii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 42, p. 95-104, 2001.

CHAVE, J.; ANDALO, C.; BROWN, S.; CAIRNS, M.A.; CHAMBERS, J.Q.; EAMUS, D.; FÖLSTER, H.; FROMARD, F.; HIGUCHI, N.; KIRA, T.; LESCURE, J.P.; NELSON, B.W.; OGAWA, H.; PUIG, H.; RIERA, B.; YAMAKURA, T. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. **Oecologia**, v. 145, p. 87-99, 2005.

CLARK, D.A.; BROWN, S.; KICKLIGHTER, D.W.; CHAMBERS, J.Q.; THOMLINSON, J.R.; NI, J. Measuring Net Primary Production in Forests: Concepts and Field Methods. **Ecological Applications**, v. 11, n. 2, p. 356-370, 2001.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R.J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 2, p. 153-166, 1998.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Trad. EPIPHANIO, J.C.N. et al. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

KUNTSCHIK, G. **Estimativa de biomassa vegetal lenhosa em cerrado**

**por meio de sensoriamento remoto óptico e de radar**. 2004. 154 p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências/Universidade de São Paulo, São Paulo.

LU, D. The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. **International Journal of Remote Sensing**, v. 27, n. 7, p. 1297-1328, 2006.

MELLO, S.L.M.; GONÇALVES, J.L.M. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em sítios com produtividades distintas. **Revista Árvore**, v. 32, n. 1, p. 101-111, 2008.

ROY, P.S.; RAVAN, S.A. Biomass estimation using satellite remote sensing data - An investigation on possible approaches for natural forest. **Journal Bioscience**, v. 21, n. 4, p. 535-561, 1996.

SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, v. 56, p. 155-169, 1999.

SANTANA, R.C.; BARROS, N.F.; LEITE, H.G.; COMERFORD, N.B.; NOVAIS, R.F. Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 697-706, 2008.

SCHUMACHER, M.V.; CALDEIRA, M.V.W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (*Labillardière*) sub-espécie *maidenii*. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, p. 45-53, 2001.

SILVA, H.D.; FERREIRA, C.A.; CORRÊA, R.S.; BELLOTE, A.F.J.; TUSSOLINI, E.L. Alocação de biomassa e

ajuste de equações para estimativa de biomassa em compartimentos aéreos de *Eucalyptus benthammi*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 49, p. 83-95, 2004.

SILVA, R.P. **Alometria, estoque e dinâmica da biomassa de florestas primárias e secundárias na região de Manaus (AM)**. 2007. 152 p. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais) - INPA/Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H.S.; SANQUETTA, C.R.; ARCE, J.E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **Floresta**, v. 38, n. 1, p. 185-206, 2008.

SOARES, C.P.B.; LEITE, H.G.; GÖRGENS, E.B. Equações para estimar o estoque de carbono no fuste de árvores individuais e em plantios comerciais de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 29, n. 005, p. 711-718, 2005.

VIEIRA, M.; BONACINA, D.M.; SCHUMACHER, M.V.; CALIL, F.N.;

CALDEIRA, M.V.W.; WATZLAWICK, L.F. Biomassa e nutrientes em povoamento de *Eucalyptus urograndis* na Serra do Sudeste-RS. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 2481-2490, 2012.

VIEIRA, S.A.; ALVES, L.F.; AIDAR, M.; ARAUJO, L.S.; BAKER, T.; BATISTA, J.L.F.; CAMPOS, M.C.; CAMARGO, P.B.; CHAVE, J.; DELITTI, W.B.C.; HIGUCHI, N.; HONORIO, E.; JOLY, C.A.; KELLER, M.; MARTINELLI, L.A.; MATTOS, E.A.; METZKER, T.; PHILLIPS, O.; SANTOS, F.A.M.; SHIMABUKURO, M.T.; SILVEIRA, M.; TRUMBORE, S.E. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 2, p. 21-29, 2008.

ZHENG, G.; CHEN, J.M.; TIAN, Q.J.; JU, W.M.; XIA, X.Q. Combining remote sensing imagery and forest age inventory for biomass mapping. **Journal of Environmental Management**, v. 85, p. 616-623, 2007.