

EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA DE ESPÉCIES DE *Prosopis* NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO

Paulo Cesar Fernandes Lima*
Edilson Batista de Oliveira**
Sebastião do Amaral Machado***

RESUMO

Foram obtidas equações para estimativa da biomassa de madeira e da parte aérea das espécies *Prosopis alba* Grisebach, *P. chilensis* (Molina) Stuntz emend. Burkart, *P. glandulosa* Torrrey, *P. juliflora* (SW) DC, *P. pallida* (Humboldt and Bonpland ex Willdenov) H.B.K. e *P. velutina* Wooton. Estas espécies foram cultivadas no semi-árido brasileiro e cortadas aos 106 meses de idade. As variáveis testadas, sob diferentes formas e combinações, foram altura total, diâmetro da copa e da base das árvores (0,10 m), e calculados os diâmetros quadráticos para as alturas de 0,30 m e 1,30 m. Para todas as espécies, foram recomendadas equações baseadas no modelo $y = b_1 d^2$ onde y é a biomassa da madeira ou biomassa total da parte aérea e d é o diâmetro quadrático a 0,30 m. Para as espécies *P. alba*, *P. juliflora* e *P. pallida*, os diâmetros quadráticos a 1,30 m também possibilitaram ajustes com altas precisões; entretanto, nesta posição do tronco estas espécies já estão muito ramificadas, dificultando as medições dos diâmetros.

PALAVRAS-CHAVE: peso seco, equações de regressão.

* Eng. Florestal, Doutor, CREA nº 657-D-ES, Pesquisador da Embrapa - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido.

** Eng. Agrônomo, Doutor, CREA nº 1211-D-AC, Pesquisador da Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

*** Eng. Florestal, Doutor, CREA nº 2413-D-PR, Consultor da Embrapa/IICA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

EQUATIONS FOR BIOMASS ESTIMATION OF *Prosopis* SPECIES IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID REGION

ABSTRACT

Models were developed in order to estimate wood biomass for *Prosopis alba* Grisebach, *P. chilensis* Molina Stuntz emend. Burkhart, *P. glandulosa* Torrey, *P. juliflora* (SW) DC, *P. pallida* (Humboldt and Bonpland ex Willdenov) H.B.K. and *P. velutina* Wooton, planted in the Brazilian semi-arid region. Biomass components were evaluated at age 106 months and included the total above ground dry weight and the dry weight of leaves and twigs. A minimum diameter of 2.30 cm was considered. The independent variables measured were: total height, crown diameter, diameter at 0.10 m and quadratic diameter at the height of 0.30 m and 1.30 m, as well as different combinations of these variables. For all species, models were developed by using the equation $y = b_1 d^2$ as a basic model: y is the woody, leaves and twigs, or total dry weight, d is the quadratic diameter at 0.30 m. For the species *P. alba*, *P. juliflora* e *P. pallida*, the quadratic diameter at 1.30 m also resulted in fitting with high precision. However, at this stem position these species have a lot of branches, so that diameter measurements are difficult to be obtained.

KEY WORDS: dry weight, regression equation.

1. INTRODUÇÃO

Na avaliação dos povoamentos florestais, as estimativas de volume e biomassa têm sido realizadas através de relações dendrométricas, cujas equações, em geral, envolvem altura e diâmetro das árvores. Mesmo havendo diferenças biológicas entre os gêneros e espécies florestais, o diâmetro à altura do peito (DAP) tem sido a variável independente mais utilizada na determinação do volume ou biomassa, tanto para a árvore como um todo, quanto para partes dela (tronco, galhos, raízes ou folhas).

SOARES & HOSOKAWA (1984) estimaram a biomassa energética de árvores de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth), para partes da planta e total, e concluíram que o DAP é a variável simples mais eficiente na estimativa do peso seco de todos os componentes da árvore.

ATTIWILL & OVINGTON (1968) chamaram a atenção para a metodologia a ser empregada na determinação da biomassa florestal e para a premente necessidade de se testar diferentes procedimentos para diversas espécies, sítios e situações. Estes autores, trabalhando com *Pinus sylvestris* L., compararam quatro métodos e demonstraram que a variação entre estes é maior utilizando componentes da árvore do que da árvore inteira.

Em geral, nos ecossistemas estépico como caatinga e cerrado, as vegetações de porte arbóreo/arbustivas bifurcam próximo à base e apresentam multi-fustes, nem sempre retos, o que dificulta a estimativa da biomassa arbórea. Isto tem motivado vários estudos que buscam a estimativa de biomassa a partir de variáveis que não sejam de mensuração complexa. Neste sentido, o diâmetro medido a diferentes alturas da base do tronco tem sido considerado a variável mais eficiente.

PELLICO NETTO & OLIVEIRA FILHO (1983) utilizaram medições da circunferência do tronco a 0,3 m do solo na determinação da área basal e avaliação da biomassa da savana (cerrados). STEWART et al (1992) trabalharam com diâmetros tomados a 0,1 m, 0,3 m e 0,5 m do solo na obtenção de equações para a estimativa da biomassa de madeira de espécies da região seca da América Central. RIEGELHAUPT et al. (1988) construíram tabelas de volume de *P. juliflora*, para o Rio Grande do Norte, utilizando a circunferência do tronco a 0,3 m de altura em relação ao solo.

O gênero *Prosopis*, família Leguminosae, subfamília Mimosoidae foi descrito por Linneo em 1767, sendo constituído atualmente por 44 espécies, distribuídas naturalmente nas regiões áridas e semi-áridas do sudeste da Ásia, África e nas Américas (BURKART, 1940). Com a expansão da área reflorestada no Nordeste brasileiro, principalmente com a algarobeira (*Prosopis juliflora* (SW) DC), bem como a introdução de novas espécies deste gênero, a quantificação da madeira a ser utilizada como estaca, lenha e carvão, passou a ser imprescindível para os projetos energéticos na região.

O presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de equações de regressão para a estimativa da biomassa de povoamentos de *Prosopis*, na região semi-árida do Brasil. Estas equações servirão de subsídio para as avaliações de produção e estudos sobre o comportamento silvicultural de seis espécies deste gênero.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudadas as espécies *Prosopis alba* Grisebach, *P. chilensis* (Molina) Stuntz emend. Burkart, *P. glandulosa* Torrey, *P. juliflora* (SW) DC, *P. pallida* (Humboldt and Bonpland ex Willdenov) H.B.K. e *P. velutina* Wooton, provenientes de um ensaio de competição de espécies, com 106 meses de idade, instalado em Petrolina (PE), no semi-árido brasileiro. O município de Petrolina situa-se no extremo oeste de Pernambuco, a 365m de altitude, latitude 09°09'S e a 40°22'W. De acordo com a classificação de Koeppen, a região apresenta clima tipo Bsh, com estações seca e úmida bem diferenciadas. A temperatura média anual é de 24 °C e a precipitação média anual é de 400 mm, mal distribuída, concentrada no período de dezembro a abril.

Foram amostradas 186 árvores, sendo 34 de *P. alba*, 32 de *P. chilensis*, 14 de *P. glandulosa*, 37 de *P. juliflora*, 35 de *P. pallida* e 35 de *P. velutina*. Cada uma dessas árvores foi derrubada, desgalhada e desfolhada. Foram pesadas, separadamente, todas as partes do componente lenhoso e as folhas, sendo retiradas amostras para a determinação do peso seco. A secagem foi realizada em estufa a 105 °C até atingir peso constante.

Com base nos pesos secos das amostras, foram estimados os pesos secos de cada componente da árvore, que se constituíram nas variáveis dependentes dos modelos testados. Estas variáveis foram peso seco total da árvore, peso seco da folhagem e peso seco total do material lenhoso. As variáveis independentes testadas foram altura total, diâmetro da copa, diâmetro tomado na base das árvores (0,1 m), e diâmetros quadráticos das ramificações nas alturas de 0,3 m e 1,3 m. O valor de 2,3 cm de diâmetro para as ramificações foi estipulado como mínimo para mensuração.

O diâmetro quadrático de uma árvore com n ramificações foi obtido pela seguinte expressão, conforme MACDICKEN et al. (1991):

$$d = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2}$$

onde:

$d_{1...n}$ é o diâmetro de cada ramificação.

Os modelos de regressão ajustados para a estimativa dos pesos secos da biomassa lenhosa, biomassa de folhas e biomassa total da parte aérea de *Prosopis* foram:

$$Y = b_0 + b_1d$$

$$Y = b_0 + b_1d + b_2d^2$$

$$Y = b_1d + b_2d^2$$

$$Y = b_1d^2$$

$$Y = b_1d^2 + b_2h$$

$$Y = b_1d^2 + b_2h + b_3d_c$$

$$Y = b_1d_c^2$$

$$Y = b_1d_c^2 + b_2d_c^2$$

$$Y = b_1d_c^2 + b_2h + b_3d_c^2$$

$$Y = b_1d_c^2 + b_2d_c^2h + b_3d_c^2$$

$$Y = b_1d_c^2h$$

$$Y = b_1d_c^2 + b_2d_c^2h + b_3d_c^2h$$

$$Y = b_1d^{b_2}$$

$$Y = b_1d^{b_2}h^{b_3}$$

$$Y = d^{b_1}h^{b_2}d_c^{b_3}$$

$$Y = b_1d_c^{b_2}$$

$$Y = b_1(d_c^2h)^{b_2}$$

$$Y = b_1(d^{b_2}h)^{b_3}$$

onde:

Y = peso seco da biomassa lenhosa, biomassa de folhas, ou da biomassa total da parte aérea (kg)

d = diâmetro da base (0,1 m) ou diâmetro quadrático calculado a 0,3 m ou 1,3 m, (cm)

h = altura total da árvore (m)

d_c = diâmetro da copa.

A escolha dos modelos foi baseada nos coeficientes de determinação (R^2_{aj}), erro padrão das estimativas em percentagem ($s_{yx}\%$), análises de variância e de resíduos, conforme DRAPPER & SMITH (1966).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentadas as distribuições de frequência dos valores dos diâmetros medidos a 0,1m e dos diâmetros quadráticos calculados para as alturas de 0,3m e 1,3m do solo.

TABELA 1. Frequência de diâmetros medidos a 0,1m e de diâmetros quadráticos calculados para as alturas de 0,3m e 1,3m, em várias espécies de *Prosopis*.

Classes de Diâmetro (cm)	<i>P. alba</i>			<i>P. chilensis</i>			<i>P. glandulosa</i>		
	0,1m	0,3m	1,3m	0,1m	0,3m	1,3m	0,1m	0,3m	1,3m
0,0 - 2,3	0	0	0	0	0	3	0	0	10
2,4 - 3,0	0	0	2	0	0	2	0	0	2
3,1 - 6,0	0	0	2	0	0	9	0	1	0
6,1 - 9,0	0	0	5	0	4	8	0	3	0
9,1 - 12,0	1	3	7	1	12	6	3	4	0
12,1 - 15,0	5	11	4	11	5	2	4	4	0
15,1 - 18,0	8	7	8	8	7	2	3	1	2
18,0 - 21,0	5	4	3	8	2	0	2	1	0
21,1 - 24,0	5	5	2	1	0	0	2	0	0
24,1 - 27,0	4	1	2	2	2	0	0	0	0
27,1 - 30,0	4	1	0	1	0	0	0	0	0
31,1 - 33,0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
33,1 - 36,0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Total	34	34	34	32	32	32	14	14	14

Classes de Diâmetro (cm)	<i>P. juliflora</i>			<i>P. pallida</i>			<i>P. velutina</i>		
	0,1m	0,3m	1,3m	0,1m	0,3m	1,3m	0,1m	0,3m	1,3m
0,0 - 2,3	0	0	0	0	0	0	0	0	12
2,4 - 3,0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
3,1 - 6,0	0	0	1	0	0	3	1	4	7
6,1 - 9,0	1	1	2	2	4	3	5	7	2
9,1 - 12,0	1	4	4	5	4	6	6	10	1
12,1 - 15,0	5	10	9	10	15	12	10	11	0
15,1 - 18,0	8	12	13	10	7	8	7	1	1
18,0 - 21,0	5	4	2	4	4	3	2	1	1
21,1 - 24,0	5	1	4	4	1	0	1	0	0
24,1 - 27,0	4	4	1	0	0	0	2	1	0
27,1 - 30,0	4	0	0	0	0	0	1	0	0
31,1 - 33,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33,1 - 36,0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	37	37	37	35	35	35	35	35	35

Prosopis glandulosa e *P. velutina* apresentaram os maiores números de árvores com diâmetros quadráticos inferiores a 3,0 cm, a 1,3m do solo (Tabela 1). Estes valores, associados aos maiores números de ramificações por árvore a 0,3 m de altura (Tabela 2), indicam porte arbustivo. *P. chilensis* mostrou porte intermediário entre o arbóreo e arbustivo, enquanto as espécies *P. alba*, *P. juliflora* e *P. pallida* apresentaram porte arbóreo. Os desenhos esquemáticos dos aspectos arquitetônicos e porte das espécies estudadas são apresentados na Figura 1.

TABELA 2. Médias e desvios padrões dos números de ramificações a 0,1m, 0,3m e 1,3m de altura em várias espécies de *Prosopis*.

Espécie	Altura		
	0,1 m	0,3 m	1,3 m
<i>P. alba</i>	1	3,1 ± 1,3	7,6 ± 4,9
<i>P. chilensis</i>	1	4,7 ± 1,7	4,7 ± 3,3
<i>P. glandulosa</i>	1	5,7 ± 2,5	0,7 ± 2,1
<i>P. juliflora</i>	1	2,4 ± 1,1	8,4 ± 2,8
<i>P. pallida</i>	1	1,9 ± 0,8	5,3 ± 1,8
<i>P. velutina</i>	1	5,3 ± 2,4	2,1 ± 4,0

As equações consideradas mais eficientes para diâmetros medidos a cada altura, nas estimativas do peso seco da biomassa total da parte aérea e da biomassa da madeira, estão apresentadas nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. Os modelos em que foi incluído apenas o diâmetro foram os que apresentaram os ajustes com menores desvios. A inclusão das variáveis altura total da árvore e diâmetro da copa, de forma simples ou combinada, não alterou, significativamente, o grau de precisão.

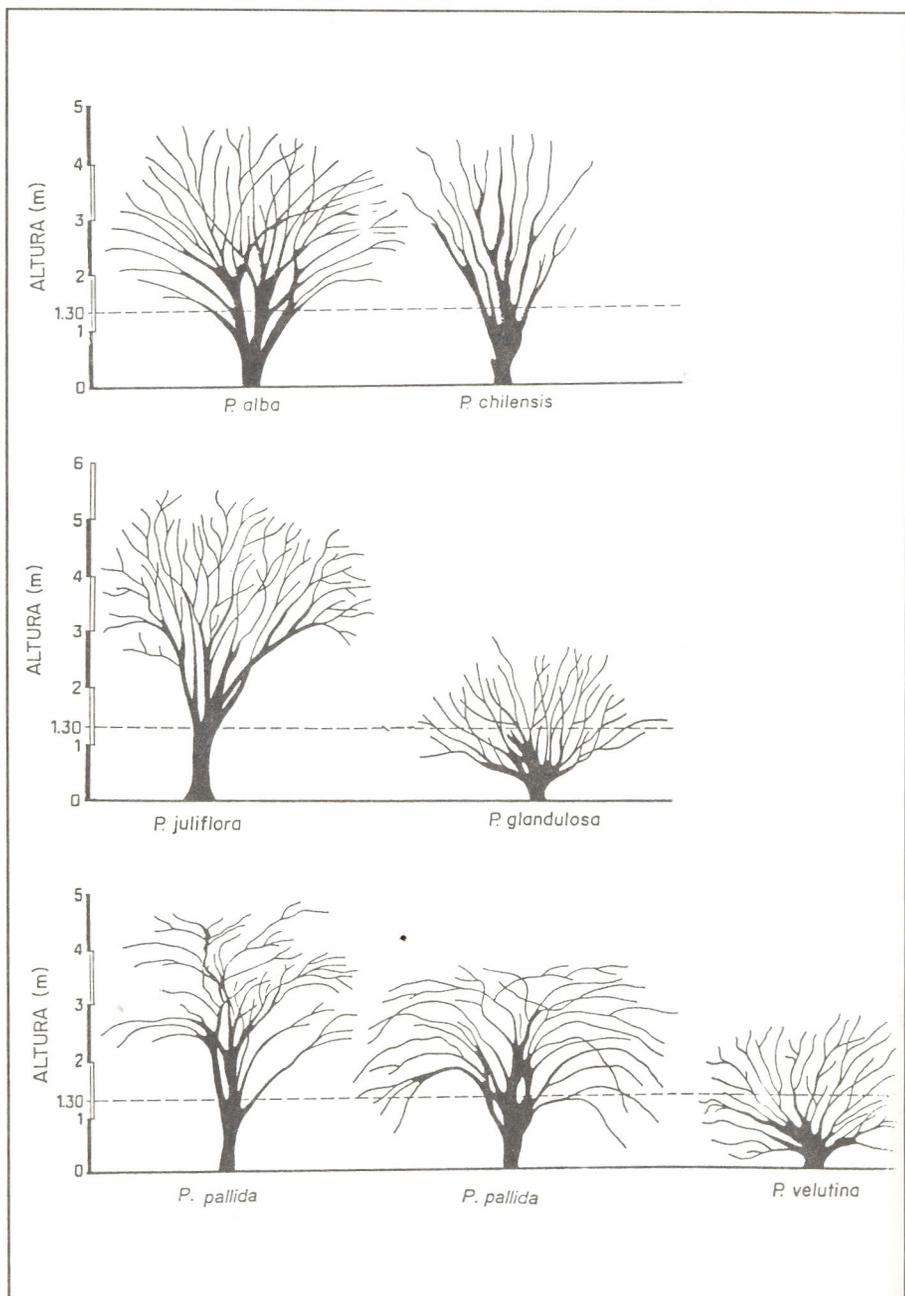


FIGURA 1. Desenhos esquemáticos dos aspectos arquitetônicos e porte das espécies de *Prosopis* estudadas. (Fonte: LIMA (1994)).

TABELA 3. Equações para estimativa do peso seco da biomassa total da parte aérea de espécies de *Prosopis*.

(Tab. 3A. Modelo baseado em diâmetros medidos a 0,1m de altura).

$$BIOMASSA = b_1 d_{0,1}^2$$

Espécie	b_1	R_{aj}^2	$s_{yx} \%$	F
<i>P.alba</i>	0,1515	0,88	23,7	165,6
<i>P.chilensis</i>	0,0996	0,93	16,8	306,8
<i>P.glandulosa</i>	0,1296	0,87	25,4	97,8
<i>P.juliflora</i>	0,3589	0,97	12,6	412,6
<i>P.pallida</i>	0,3604	0,95	21,5	280,7
<i>P.velutina</i>	0,1109	0,88	26,7	96,9

(Tab. 3B. Modelo baseado em diâmetros quadráticos a 0,3m. de altura).

$$BIOMASSA = b_1 d_{0,3}^2$$

Espécie	b_1	R_{aj}^2	$s_{yx} \%$	F
<i>P.alba</i>	0,1925	0,95	21,0	201,6
<i>P.chilensis</i>	0,1530	0,97	12,9	381,8
<i>P.glandulosa</i>	0,2383	0,95	20,4	101,3
<i>P.juliflora</i>	0,4031	0,97	10,6	461,4
<i>P.pallida</i>	0,4308	0,95	16,1	312,7
<i>P.velutina</i>	0,1708	0,95	19,7	99,9

Tab. 3C. Modelo baseado em diâmetros quadráticos a 1,3m. de altura.

$$BIOMASSA = b_1 d_{1,3}^2$$

Espécie	b_1	R_{aj}^2	$s_{yx} \%$	F
<i>P.alba</i>	0,2680	0,98	17,6	245,9
<i>P.chilensis</i>	0,3416	0,88	21,3	246,7
<i>P.glandulosa*</i>	—	—	—	—
<i>P.juliflora</i>	0,4552	0,98	10,4	482,9
<i>P.pallida</i>	0,4721	0,95	17,3	315,6
<i>P.velutina*</i>	—	—	—	—

* Número insuficiente de medições para ajuste dos modelos.

TABELA 4. Equações para estimativa do peso seco da biomassa lenhosa de espécies de *Prosopis*.

ab. 4A. Modelo baseado em diâmetros medido a 0,1m de altura.

$$PT = b_1 d_{0,1}^2$$

Espécie	b_1	R_{aj}^2	$s_{y,x} \%$	F
<i>P. alba</i>	0,1432	0,88	22,6	189,6
<i>P. chilensis</i>	0,0901	0,94	16,7	315,8
<i>P. glandulosa</i>	0,1074	0,87	25,4	97,8
<i>P. juliflora</i>	0,3415	0,97	12,6	412,6
<i>P. pallida</i>	0,3269	0,94	21,5	280,7
<i>P. velutina</i>	0,1034	0,90	26,7	96,9

Tab. 4B. Modelo baseado em diâmetros quadráticos a 0,3m de altura)

$$PT = b_1 d_{0,3}^2$$

Espécie	b_1	R_{aj}^2	$s_{y,x} \%$	F
<i>P. alba</i>	0,1820	0,95	21,9	196,6
<i>P. chilensis</i>	0,1382	0,97	15,7	324,8
<i>P. glandulosa</i>	0,1990	0,95	22,4	94,3
<i>P. juliflora</i>	0,3835	0,97	11,6	424,3
<i>P. pallida</i>	0,3913	0,95	17,1	301,7
<i>P. velutina</i>	0,1583	0,95	21,7	101,9

(Tab. 4C. Modelo baseado em diâmetros quadráticos a 1,3m. 0,1m de altura)

$$PT = b_1 d_{1,3}^2$$

Espécie	b_1	R_{aj}^2	$s_{y,x} \%$	F
<i>P. alba</i>	0,2534	0,98	18,5	225,4
<i>P. chilensis</i>	0,3093	0,89	22,8	226,7
<i>P. glandulosa</i> *	—	—	—	—
<i>P. juliflora</i>	0,4332	0,98	11,4	462,7
<i>P. pallida</i>	0,4291	0,95	19,5	302,4
<i>P. velutina</i> *	—	—	—	—

* Número insuficiente de medições para ajuste dos modelos.

Com base nos coeficientes de determinação (R^2_{aj}), erros padrões das estimativas em percentagem ($s_{yx}\%$) e testes "F" e, também, em análise gráfica dos resíduos no processamento das análises, os modelos envolvendo o diâmetro medido a 0,1 m do solo podem ser considerados eficientes para a obtenção de estimativas precisas da biomassa das espécies de *Prosopis* estudadas. Entretanto, tendo-se por base estes mesmos critérios de avaliação de modelos de regressão, observou-se maior precisão daqueles envolvendo diâmetros quadráticos a 0,3 m.

Para *P. alba*, *P. juliflora* e *P. pallida*, as equações baseadas no diâmetro medido a 1,3m do solo apresentaram ajustes semelhantes aos das equações baseadas nos diâmetros quadráticos a 0,3 m. Entretanto, o número de ramificações a 1,3m de altura é elevado, dificultando trabalhos de medição.

Para *P. chilensis*, *P. glandulosa* e *P. velutina*, devido ao porte arbustivo, a maioria das árvores apresentou ramificações a 1,3 m de altura, com diâmetros inferiores a 2,3 cm (Tabela 1), o que inviabilizou as equações. Assim, as que utilizam o diâmetro quadrático, calculado para a altura de 0,3 m, foram consideradas as mais adequadas para se estimar a biomassa e o peso seco total da parte aérea. Nenhum modelo testado apresentou ajuste satisfatório para a estimativa da biomassa de folhas.

4. CONCLUSÕES

Para todas as espécies, as equações mais adequadas para a estimativa do peso seco da biomassa lenhosa ou da biomassa total da parte aérea foram as baseadas no modelo $y = b_1 d_{0,3}^2$, onde y é o peso seco da biomassa lenhosa ou total da parte aérea e $d_{0,3}$ é o diâmetro quadrático na altura de 0,3 m. Além da precisão apresentada pelos coeficientes de determinação, erro padrão das estimativas e análises de variância e de resíduos, estes modelos são de fácil aplicação, inclusive por produtores, e são simples as operações para obtenção do diâmetro de ramificações na altura de 0,3 m. Assim, as equações mais eficientes para a estimativa da biomassa total (material lenhoso e folhas), por espécie, foram:

<i>P. alba</i>	$Y = 0,1925 d_{0,3}^2$
<i>P. chilensis</i>	$Y = 0,1530 d_{0,3}^2$
<i>P. glandulosa</i>	$Y = 0,2383 d_{0,3}^2$
<i>P. juliflora</i>	$Y = 0,4031 d_{0,3}^2$
<i>P. pallida</i>	$Y = 0,4308 d_{0,3}^2$
<i>P. velutina</i>	$Y = 0,1708 d_{0,3}^2$

Para a estimativa da biomassa do material lenhoso, as equações mais eficientes, para cada espécie, foram:

<i>P. alba</i>	$Y = 0,1820 d_{0,3}^2$
<i>P. chilensis</i>	$Y = 0,1382 d_{0,3}^2$
<i>P. glandulosa</i>	$Y = 0,1990 d_{0,3}^2$
<i>P. juliflora</i>	$Y = 0,3835 d_{0,3}^2$
<i>P. pallida</i>	$Y = 0,3913 d_{0,3}^2$
<i>P. velutina</i>	$Y = 0,1583 d_{0,3}^2$

Para as espécies *P. alba*, *P. juliflora* e *P. pallida*, os diâmetros quadráticos a 1,30 m também possibilitaram ajustes com altas precisões; entretanto, nesta posição do tronco, estas espécies já estão muito ramificadas, dificultando as medições dos diâmetros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATTIWILL, P.M.; OVINGTON, J.D. Determination of forest biomass. **Forest Science**. Washington, v.14, p.13-15, 1968.
- BURKART, A. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae, subfam. Mimosoidae). **Journal of the Arnold Arboretum**, Cambridge, v.57, n.4, p.450-525, Oct. 1940.
- DRAPPER, N.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: John Wiley, 1966. 407p.

- LIMA, P. C. F. **Comportamento silvicultural de espécies de *Prosopis*, em Petrolina-PE, região semi-árida brasileira.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1994. 110p. Tese Doutorado.
- MACDICKEN, K. G.; WOLF, G. V.; BRISCOE, C. B. **Standard research methods for multipurpose trees and shrubs.** Arlington: Winrock International Institute for Agricultural Development/ICRAF, 1991. 92p. (Multipurpose Tree Species Network Series: Manual, 5).
- PELLICO NETTO, S.; OLIVEIRA FILHO, L.C. DE. Avaliação da biomassa de savana (cerrado) para produção de carvão vegetal. IN: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4. Belo Horizonte, 1982. **Anais.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura. 1983. p. 686-689. Publicado na Revista Silvicultura n.28.
- RIEGELHAUPT, E., SILVA, J.B. DA., CAMPELO, F.B.; PAREYN, F. Volume, weight and production tables for *Prosopis juliflora* (SW) DC at Rio Grande do Norte. IN: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROSOPIS, 2., 1986, Recife. **The current state of knowledge on *Prosopis juliflora*.** Roma: FAO, 1988. p.69-91.
- SOARES, R.V.; HOSOKAWA, R.T. Estimativa da biomassa energética de árvores de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth). **Boletim técnico IBDF**, Brasília, n. 8, p.37-48, 1984.
- STEWART, R.L.; DUNSON, A.J.; HELLIN, J.J.; HUGHES, C.E. **Wood biomass estimation of Central America dry zone species.** Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1992. 83p. (Tropical Forestry Papers, 26).