

Inventário de biomassa em um plantio de *Pinus elliottii* engelm. aos 23 anos de idade

Marcos Giongo^{1*}, Damiana Beatriz da Silva¹, Henrique Soares Koehler² e Marco Marchetti³

¹Departamento de Engenharia Florestal; Universidade Federal do Tocantins; 77402-970; Gurupi - TO - Brasil;

²Departamento de Engenharia Florestal; Universidade Federal da Paraná; 80210-170; Curitiba - PR - Brasil;

³Dipartimento di Scienze e Tecnologie per l'Ambiente ed il Territorio; Università degli Studi del Molise; 86090; Pesche - IS - Itália.

ABSTRACT

Above ground dry biomass was estimated for a 23 years old *Pinus elliottii* stand, located at Rio Branco do Sul, State of Paraná, Brazil. Stem, branches and needles dry biomass were estimated separately. The estimated total above ground dry biomass was composed by 85 % of stem, 10 % of branches and 5 % of needles, respectively. The adjusted equation for estimation of total dry biomass as a function of the diameter at breast height (DBH), showed a coefficient of determination (R^2) of 0.91 and a standard error in percentage ($s_{xy\%}$) of 11,98 %. Among the tested models for estimating the different portions of tree dry biomass as a function of DBH, the stem biomass equation was the one that showed the best results.

Key words: Planted forests, modeling, biomass

INTRODUÇÃO

O Brasil é o sétimo país em florestas plantadas do mundo, contando atualmente com cerca de 6,8 milhões de hectares (Sfb, 2010). A maior parte da área reflorestada existente no País formou-se nas décadas de 1970 e 1980, a partir da vigência do programa de incentivos fiscais (Kengen, 2001). Esse instrumento tornou possível às empresas a execução plantios de florestas em larga escala, contando com um incentivo financeiro, uma vez que podiam abater integralmente do Imposto de Renda as importâncias comprovadamente aplicadas em reflorestamento.

No Brasil, a madeira de florestas plantadas, especialmente eucalipto e pinus, constituem uma das fontes mais importante de matéria-prima para os diversos usos industriais. As áreas reflorestadas com o gênero *Pinus* representam aproximadamente 26,46% dos reflorestamentos nacionais ocupando uma área de aproximadamente 1,8 milhão de hectares, sendo o Estado do Paraná o maior detentor dessas florestas, com uma participação de 36% do total da área

plantada com este gênero no Brasil (Hoeflich et al., 2007).

O termo biomassa florestal, conforme Sanquetta (2002), pode significar toda a biomassa existente na floresta ou apenas a fração arbórea da mesma, podendo-se também utilizar o termo fitomassa florestal ou fitomassa arbórea. No que se refere à determinação de biomassa, o mesmo autor comenta que, nos métodos diretos, os procedimentos de campo utilizados na determinação de biomassa de florestas podem variar amplamente, segundo os objetivos e as restrições técnicas e orçamentárias. Segundo o autor, os métodos indiretos não podem ser utilizados sem o ajuste e a calibragem prévia de equações, devendo ser empregados conjuntamente com os métodos diretos.

Para Martins (2004), o procedimento comum para a quantificação de biomassa é a utilização do recurso de regressão, onde, após a seleção das árvores a serem amostradas, procede-se a derrubada e a determinação da biomassa dos diferentes componentes considerados da árvore.

*Author for correspondence: giongo@uft.edu.br

Posteriormente são ajustadas equações de regressão para cada um dos componentes em questão, relacionados às variáveis biométricas das árvores.

Desta forma, a estimativa de biomassa das florestas tem um enorme interesse não só a nível científico como também prático. Conforme Martins (2004), o conhecimento da biomassa seca existente nos diversos ecossistemas é importante para todo um vasto conjunto de aspectos como a comercialização de produtos, estudos da produtividade do sistema florestal, estudos de fluxos de energia e de nutrientes, estudos da contribuição dos ecossistemas para o ciclo global de carbono, assim como para a avaliação da quantidade de combustíveis no que diz respeito aos incêndios florestais.

Na quantificação de biomassa florestal existe a necessidade do desenvolvimento de estudos na quantificação nos diferentes componentes dos indivíduos, possibilitando assim um melhor entendimento da distribuição da biomassa nas plantas e nos ecossistema, permitindo um melhor entendimento do fluxo de nutrientes e do armazenamento de carbono pelas florestas. Segundo Watzlawick et al. (2004), estes estudos são trabalhosos, demorados e muito onerosos, podendo ser realizados por meio de métodos diretos ou indiretos. Nos métodos diretos, as árvores são derrubadas e seus componentes são separados e pesados, enquanto que nos métodos indiretos são utilizadas equações matemáticas para realizar as estimativas.

Segundo Salati (1994), os métodos indiretos vêm sendo utilizados para se estimar a biomassa de áreas florestais de grandes extensões e, dependendo das informações disponíveis, são usadas relações empíricas entre a biomassa e algumas variáveis. Frequentemente são utilizadas as variáveis de inventário florestal como DAP, altura e volume, altura da base da copas das árvores as quais são relacionados com a biomassa aérea (Balbinot et al., 2003; Ritson e Sochacki, 2003; Balbinot et al., 2008)

O presente trabalho teve como objetivo o ajustamento e teste de diferentes modelos matemáticos para estimar biomassa em função de outras variáveis, determinando suas correlações e finalmente quantificando a biomassa seca aérea da área de estudo.

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

A área objeto de estudo deste trabalho está localizada no Estado do Paraná, Município de Rio Branco do Sul, distantes 33 km de Curitiba e 124 km do Porto de Paranaguá. A área encontra-se na região Leste do Estado, a 890 m de altitude, 25° 10' 22" de latitude S e 49° 19' 10" de longitude W-GR (Figura 1).



Figura 1- Croqui de localização da área objeto de estudo deste trabalho.

O clima da região é classificado como Cfb (Peel et al., 2007), segundo a classificação de Köppen, ou seja, clima subtropical, mesotérmico, sempre úmido, com verões de temperatura branda, geadas frequentes e sem estação seca. A temperatura dos meses mais quentes é inferior a 22°C e dos meses mais frios inferior a 18°C, com temperatura média anual de 16,5°C e apresentando máxima média igual a 22,6°C. A precipitação pluviométrica anual média varia de 1400 mm a 1600 mm, sendo que as chuvas são distribuídas em todos os meses do ano, com maior abundância no verão, nos meses de janeiro e fevereiro e menos frequentes nos meses de julho e agosto, apresentando uma umidade relativa média de 85%, índice hídrico entre 60 e 100 e sem deficiência hídrica.

A região apresenta, na maioria de seu território um relevo ondulado e montanhoso com grandes desníveis altimétricos. Os terrenos da região estão assentados predominantemente sobre rochas calcárias, filitos, xistos e quartzitos, os quais têm alta suscetibilidade à dissolução, sendo muito

comum nessas áreas a presença de dolinas e cavernas, típicas de terrenos cársticos.

Os solos são produtos da ação do intemperismo sobre as formações geológicas e seu desenvolvimento está diretamente ligado ao tipo de relevo por estas geradas. Destacam-se três tipos de solos: o latossolo vermelho-amarelo de baixa fertilidade natural, onde ocorre o processo de lixiviação muito intensa, conforme o regime de chuvas; o podzólico vermelho-amarelo facilmente erodível, em função de diferentes condicionantes naturais; e o cambissolo raso drenado e de limitado uso agrícola.

Inventário Florestal

Para a realização do inventário florestal utilizou-se o processo de amostragem sistemático, ou seja, as unidades foram distribuídas sistematicamente em linha na área inventariada. Cada unidade de amostra (U.A.) foi alocada a uma distância de pelo

menos trinta metros (30m) da bordadura dos limites, evitando-se assim a inclusão de árvores de bordadura.

O método de amostragem utilizado foi o da área fixa devido à praticidade e sua simplicidade no estabelecimento das unidades amostrais no campo (Péllico Netto e Brena, 1997). Nesse método de amostragem a medição das árvores é feita dentro da unidade de amostra, considerando por consequência a frequência de indivíduos que nela ocorrem.

O inventário florestal constituiu um levantamento de quarenta e três parcelas circulares com uma área de 600m²/parcela. Em cada parcela foram medidas as circunferências à altura do peito de todas as árvores (CAP) e 20% das alturas totais. Desta forma, resultou em uma fração de amostragem de 2,58 hectares, o que equivale a 1,45% da área total avaliada (Figura 2).

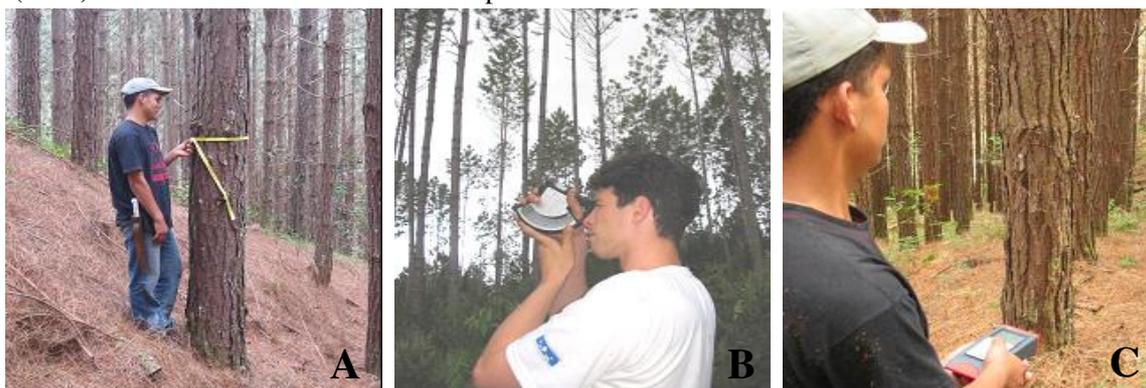


Figura 2- Inventário Florestal (A) medição da circunferência à altura do peito (CAP) com a utilização de fita métrica, (B) medição de altura das árvores com hipsômetro de Blume-Leiss e (C) determinação dos limites da parcela com a utilização de um distanciômetro.

Determinação da biomassa

Com base nos dados obtidos no inventário florestal foi elaborada a distribuição da frequência dos diâmetros em seis classes diâmetricas, tendo sido abatidas 23 árvores, distribuídas proporcionalmente entre as classes de diâmetros definidas.

Após a determinação dos números de árvores a serem abatidas por classe de diâmetro, as mesmas foram selecionadas nos levantamentos de campo de forma aleatória, onde se realizou a quantificação da biomassa nos três componentes previamente definidos: i) fuste, ii) galhos e iii) acículas conforme observamos na

Figura 03.

Antes do abate das árvores, foram coletadas com a utilização de GPS as coordenadas geográficas das mesmas, a circunferência à altura do peito e na base da árvore. A seguir as mesmas foram abatidas e, para facilitar a pesagem, o fuste e os galhos foram seccionadas em porções menores.



Figura 3- Levantamentos de campo para a quantificação de biomassa floresta dos componentes fuste, galhos e acículas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais resultados obtidos do inventário florestal realizado na área de estudo podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Variáveis dendrométricas resultantes do inventário florestal realizado na área de estudo.

Variáveis	Valores
DAP médio	28,41 cm
Altura média	23,70 m
Altura dominante	24,83 m
Área basal média	28,82 m ² ha ⁻¹
Volume com casca	359,55 m ³ ha ⁻¹
Volume sem casca	309,66 m ³ ha ⁻¹
Densidade	444 árvores ha ⁻¹

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da quantificação de biomassa florestal seca aérea nos três componentes avaliados (fuste, galhos e acículas). O componente fuste representa aproximadamente 85% do total de biomassa seca dos componentes avaliados, seguido dos galhos com uma participação de 10% e finalmente as acículas com 5%.

Tabela 3. Equações utilizadas para a estimativa de biomassa nos diferentes componentes analisados

Modelo	Fuste		Galhos		Acículas		Massa Total	
	R ² (1)	S _{xv} (2)						
B = b ₀ + b ₁ .DAP	0,81	15,35	0,71	51,46	0,71	34,71	0,85	15,58
B = b ₀ + b ₁ .DAP ²	0,80	15,73	0,80	43,11	0,73	33,46	0,86	14,89
B = b ₀ + b ₁ .DAP.Ht	0,85	19,67	0,45	71,26	0,47	46,48	0,80	18,27
B = b ₀ + b ₁ .DAP ² .Ht	0,90	11,14	0,70	53,06	0,66	37,13	0,91	11,98
B = b ₀ + b ₁ .DAP + b ₂ .DAP ² + b ₃ .DAP ³	0,80	15,76	0,92	26,46	0,80	28,37	0,85	15,49

(1) Coeficiente de determinação ajustado; (2) Erro padrão da estimativa.

Tabela 2. Biomassa seca aérea dos diferentes componentes analisados.

Variáveis	Valores
Componente	Biomassa Seca (Mg Ha ⁻¹)
Fuste	131,0
Galhos	15,8
Acículas	7,7
Biomassa total (aérea)	161,32

Cabe-se ressaltar que a soma da biomassa dos três componentes avaliados é diferente do total apresentado na Tabela 2, ou seja, caso sejam somados os três componentes não será obtido o mesmo resultado da biomassa seca total (aérea) de 161,32 Mg ha⁻¹, mas sim 154,50 Mg ha⁻¹. Esta diferença se deve ao fato de se tratarem de estimativas individuais de cada um dos componentes e também da biomassa seca total.

Para a quantificação de biomassa seca da área de estudo, foram ajustados modelos matemáticos lineares, conforme pode-se observar na Tabela 3, que mostra os modelos que apresentaram melhores resultados, com seus respectivos coeficientes de determinação ajustados e o erro padrão da estimativa.

Os modelos lineares simples foram os que apresentaram melhores ajustes para a estimativa da biomassa seca do fuste e massa seca total, em quando que para as estimativas de biomassa seca de galhos e acículas os modelos lineares múltiplos apresentaram os melhores ajustes.

O modelo selecionado para a quantificação de biomassa seca do fuste e total foi $B = b_0 + b_1 \cdot DAP^2 \cdot Ht$, apresentado um ajuste satisfatório, para ambos os casos ($R^2 > 0,90$). Cabe ainda ressaltar, que a utilização da variável DAP isolada para a estimativa de biomassa seca destes componentes apresentou ajustes que podem ser considerados bons, dada a simplicidade do modelo. Assim, em situações em que a variável altura não é conhecida ou não pode ser estimada, esses modelos podem ser ajustados considerando somente a variável DAP.

Para os componentes galhos e acículas, a qualidade do ajuste foi inferior quando comparados aos modelos ajustados para fuste e massa total. Isso deve-se ao fato dessas variáveis apresentarem menor correlação com a biomassa. Acredita-se que estes componentes poderiam apresentar melhores ajustes caso fosse considerada a altura de copa. Para estes componentes foi selecionado o modelo $B = b_0 + b_1 \cdot DAP + b_2 \cdot DAP^2 + b_3 \cdot DAP^3$.

Outro aspecto importante é o fato de que a análise por compartimentos estimou a biomassa seca aérea de 154,50 Mg ha⁻¹ enquanto que o modelo para massa seca total apresentou um resultado de 161,32 Mg ha⁻¹, representando uma diferença de 6,82 Mg ha⁻¹, ou seja, os modelos por compartimento quando comparados ao modelo de biomassa seca total, apresentaram diferença de estimativa de biomassa de cerca de 4% a menos.

RESUMO

O presente trabalho estimou a biomassa aérea de um povoamento de *Pinus elliotti*, com 23 anos de idade, localizado no município de Rio Branco do Sul - PR. Foram avaliadas separadamente a biomassa do fuste, galhos e acículas. A biomassa seca total estimada é composta por 85% de fuste, 10% de galhos e 5% de acículas. O modelo ajustado para a estimativa de biomassa seca aérea total, em

função do diâmetro a altura do peito (DAP), apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 0,91 e erro padrão da estimativa (S_{xy}) de 11,98%. Dentre os modelos ajustados para estimar as diferentes porções de biomassa na árvore, o que estima a biomassa do fuste foi o que apresentou melhor relação entre biomassa e o diâmetro à altura do peito.

Palavras-chaves: Modelagem, biomassa, reflorestamentos

REFERÊNCIAS

Balbinot, R.; Valério, Á. F.; Sanquetta, C. R.; Caldeira, M. V. W.; Silvestre, R. (2008), Estoque de carbono em plantações de *Pinus spp.* em diferentes idades no sul do Estado do Paraná. *Floresta*, **38**, 317-324.

Balbinot, R.; Schumacher M. V.; Watzlawick, L. F.; Sanquetta, C. R. (2003), Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, **5**, 59-68.

Hoeflich, V. A.; Alves, M. V. G.; Koehler, H. S.; Medrado, M. J. S. (2005), The Brazilian forest sector: challenges and strategies for its development. In: XXII IUFRO World Congress, Brisbane, Queensland.

Hoeflich, V. A.; Alves, M. V. G.; Tuoto, M. A. M.; Koehler, H. S. (2007), Challenges and strategies for the development of brazilian forest sector. In A Global Vision of Forestry in the 21st Century, Toronto.

Kengen, S. (2001), La Política Forestal Brasileña: Un breve histórico. Simposio Iberoamericano de Gestión y Economía Forestal. Porto Seguro, Bahia.

Martins, F. B.; Páscoa, M. F. M.; Silva; J. C. (2004), Modelos de estimativa de biomassa para acículas de *Pinus pinaster* Aiton. In: 3º Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal, Santa Maria, 49-54.

Peel, M. C.; Finlayson, B. L.; McMahon, T. A. (2007), Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, **11**, 1633-1644.

Pellico Netto, S. e Brena, D. A. (1997), Inventário Florestal. Curitiba: Editorado pelos autores, 316 p.

Ritson, P. e S. Sochacki. (2003), Measurement and prediction of biomass and carbon content of *Pinus pinaster* trees in farm forestry plantations, south-western Australia. *Forest Ecology and Management*, **175**, 103-117.

Salati, E. (1994), Emissão e seqüestro de CO₂ - Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. In: Seminário Emissão e Seqüestro de CO₂ - Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Rio

de Janeiro, 15-37.

Sanquetta, C. R. (2002), Métodos de determinação de biomassa florestal. In: As florestas e o carbono. Curitiba, 119-140.

SFB. Floresta do Brasil em resumo - 2010: dados de 2005-2010. Brasília-DF: SFB. 152p.

Watzlawick, L. F.; Koehler, H. S.; Kirchner, F. F. (2004), Estimativa de biomassa e carbono em plantios de *Pinus taeda* L. utilizando imagens de satélite IKONOS II. In: 3º Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal, Santa Maria, 168-178.