

Fator de forma artificial para *Pinus taeda* L. em um povoamento localizado em Enéas Marques, PR

Factor of artificial form for Pinus taeda L. in a povoamento located in Enéas Marques, PR

Kemely Alves **ATANAZIO**^{1,4}; Elisabete **VUADEN**²; Sandra Mara **KREFTA**¹; Danieli Regina **KLEIN**¹; Luis P. B. **SCHORR**¹; Tarik **CUCHI**¹; Isadora De Arruda **SOUZA**¹; Mauricio Romero **GORENSTEIN**² & Hudson Mota Lima **PEREIRA**³

RESUMO

O estudo teve como objetivo determinar um fator de forma artificial para *Pinus taeda* no município de Enéas Marques, localizado no sudoeste do Paraná. Primeiramente foi realizado o inventário florestal da área, utilizando como método de amostragem o de área fixa e o processo sistemático, instalando 15 parcelas de 600 m². Para determinar o fator de forma artificial, realizou-se a cubagem rigorosa de 16 árvores; destas, oito de diâmetro de área basal médio (dg) e oito árvores dominantes, com base no método de Smalian. Os diâmetros foram medidos a 0,10; 0,30; 0,70; 1,30 m; depois de 1,0 m em 1,0 m. Após determinou-se o fator de forma para cada árvore cubada, o qual foi obtido pela relação entre o volume rigoroso e o volume do cilindro a 1,30 m das árvores cubadas. Encontraram-se valores médios de fator de forma igual a 0,52 para árvores dg e 0,48 para árvores dominantes. O valor médio total para 16 árvores cubadas foi de 0,50 e um volume total de 168,22 m³/ha. Os resultados encontrados revelaram que árvores com menor diâmetro apresentam fator de forma maior, quando comparadas com árvores de diâmetro maior.

Palavras-chave: floresta plantada; pinheiro; volume.

ABSTRACT

The study aimed to determine an artificial form factor for *Pinus taeda* in the municipality of Enéas Marques, located in the Southwest of Paraná. First, the forest inventory of the area was carried out, using as a method of sampling the fixed area and the systematic process, installing 15 parcels of 600 m². In order to determine the artificial form factor, 16 trees were rigorously cubed, among them 8 trees with average basal area diameter (dg) and 8 dominant trees, based on the Smalian method. The diameters were measured at 0.10; 0.30; 0.70; 1.30 m; and after, from 1.0 m to 1.0 m. After, the shape factor was determined for each cubed tree, which was obtained by the relation between the rigorous volume and the cylinder volume at 1.30 m of the cubed trees. Mean values of form factor equal to 0.52 were found for dg trees and 0.48 for dominant trees. The total average value for 16 cubed trees was 0.50 and a total volume of 168.22 m³/ha. Results showed that trees with smaller diameter present a greater form factor, when compared with trees of larger diameter.

Keywords: planted forest; pine; volume.

Recebido em: 1.º nov. 2017

Aceito em: 7 abr. 2018

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc), Av. Luís de Camões, n. 2.090 – Conta Dinheiro, Lages, SC, Brasil.

² Universidade do Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Departamento de Engenharia Florestal.

³ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Florestal.

⁴ Autor para correspondência: kemely_alves@hotmail.com.

INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro de florestas plantadas contribui com o aumento da produtividade florestal. Nesse aspecto, ressalta-se que, entre as espécies que contribuem para tal progresso, estão as do gênero *Pinus*, que apresentam uma grande concentração na região Sul do Brasil, com uma área de 1,6 milhão de hectares, destinada principalmente ao setor de celulose e papel (IBA, 2016).

O gênero *Pinus* vem sendo plantado em larga escala no Brasil, principalmente *Pinus taeda* L. e *Pinus elliottii* Engelm., em virtude de sua alta produção (DALLA CORTE *et al.*, 2014).

A espécie florestal *Pinus taeda* L. origina-se das planícies adjacentes ao Golfo do México e costa atlântica do sudeste dos Estados Unidos. É conhecida por *Loblolly pine* (KRAMBECK & SIMÃO, 2003), planta rústica e resistente a doenças e pragas, com crescimento rápido (YOSHITANI JÚNIOR, 2009).

Quando se deseja avaliar a qualidade de uma determinada floresta plantada, é necessário que se façam levantamentos das variáveis de interesse, pois, conforme citaram Both *et al.* (2016), o volume é uma das variáveis mais importantes na qualificação do povoamento. Estimar o volume das árvores é, na maioria das vezes, a principal finalidade dos levantamentos florestais, quando se trata de povoamentos destinados para fins comerciais.

Dentre os métodos mais comuns para estimar o volume de madeira, o fator de forma, de acordo com Machado & Figueiredo Filho (2009), é o mais empregado para estimação do volume de árvores individuais, o qual consiste em um método simples e de fácil aplicação (CONCEIÇÃO, 2004).

Explica-se a variação na forma do tronco pela redução sucessiva dos diâmetros, da base ao topo da árvore. Esse decréscimo do diâmetro chama-se “forma da árvore” ou “taper”, razão fundamental para a variação do volume da árvore em função da espécie, diâmetro à altura do peito, idade, manejo e sítio. Após o diâmetro e a altura, o fator de forma constitui a terceira variável, em ordem de importância, na determinação volumétrica (FINGER, 2006).

As variáveis diâmetro à altura do peito e altura permitem calcular o volume da árvore, uma vez que assim se calcula o volume de um cilindro perfeito. Porém sabe-se que os indivíduos arbóreos apresentam conicidade, característica de cada espécie e dependente do hábitat natural. A partir disso, surge a necessidade de corrigir o volume do cilindro para o volume da árvore e, nesse sentido, o fator de forma, segundo Francez *et al.* (2010), permite corrigir o volume do cilindro para o volume da árvore em pé.

O fator de forma pode ser real ou verdadeiro, falso ou artificial, dependendo da altura em que for medido o diâmetro do cilindro de referência (PRODAN *et al.*, 1997). O fator de forma artificial ($f_{1,3}$) é assim denominado por apresentar a característica de que dois fustes com mesma forma geométrica mas com diferentes alturas não têm o mesmo fator de forma artificial.

Conforme Ferreira (1999), explica-se esse fator pela influência de suas bases, que, em árvores velhas e grandes, excedem a região do diâmetro à altura do peito, o que ocorre, sobretudo, com espécies tropicais. Esse fator pode ser obtido pela razão entre o volume cubado da árvore (total ou parcial) e o volume de um cilindro, cuja altura e cujo diâmetro (medido a 1,30 m da base da árvore) sejam iguais aos da árvore considerada.

De modo geral aplica-se o fator de forma para florestas homogêneas, no entanto ele varia de acordo com o clima, localidade, solo, idade, intervenção silvicultural exercida e topologia. À medida que se aproxima de 1, mais cilíndrica é a árvore, entretanto fatores iguais a 1 não são obtidos, pois isso implica a forma de um cilindro, considerando que a árvore apresenta um aflamento ao longo do tronco (FINGER, 2006).

Portanto, verifica-se a importância da obtenção do fator de forma para uma espécie em um determinado local, para que as estimativas de volume sejam as mais próximas do real, a fim de servir de base ao planejamento florestal das empresas.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo determinar o fator de forma artificial para um plantio florestal de *Pinus taeda*, no município de Enéas Marques, localizado no sudoeste do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DO ESTUDO

O estudo foi realizado em uma floresta de *Pinus taeda* L. no município de Enéas Marques, Paraná. A região possui classificação de clima Cfa conforme Köppen, ou seja, característica de transição subtropical úmido mesotérmico com verões quentes com temperatura média de 22°C e inverno com geadas pouco frequentes. Possui temperatura média inferior a 18°C, com as quatro estações do ano bem definidas, chuvas frequentes, acima de 60 mm por mês, com pluviosidade média anual de 1.800 a 2.000 mm (MAACK, 2012).

Classifica-se o solo predominante da região como nitossolo vermelho distroférico típico. Na área de Enéas Marques, o solo é pouco pedregoso, do tipo nitossolo, e o terreno apresenta em torno de 30% de declividade média. O local de estudo possui uma área de 49,82 ha, limitada pelas coordenadas geográficas de 25° 44' 392" de latitude S e de 53° 03' 671" de longitude W, e altitude de aproximadamente 666 m acima do nível do mar (FRANCESCHI, 2013).

O povoamento foi implantado no período de abril a setembro de 2007, com um espaçamento de 3,0 x 2,0 metros, totalizando 1.666 árvores por hectare no momento do plantio. A floresta de *Pinus taeda* possui dez anos de idade e está representada na figura 1.

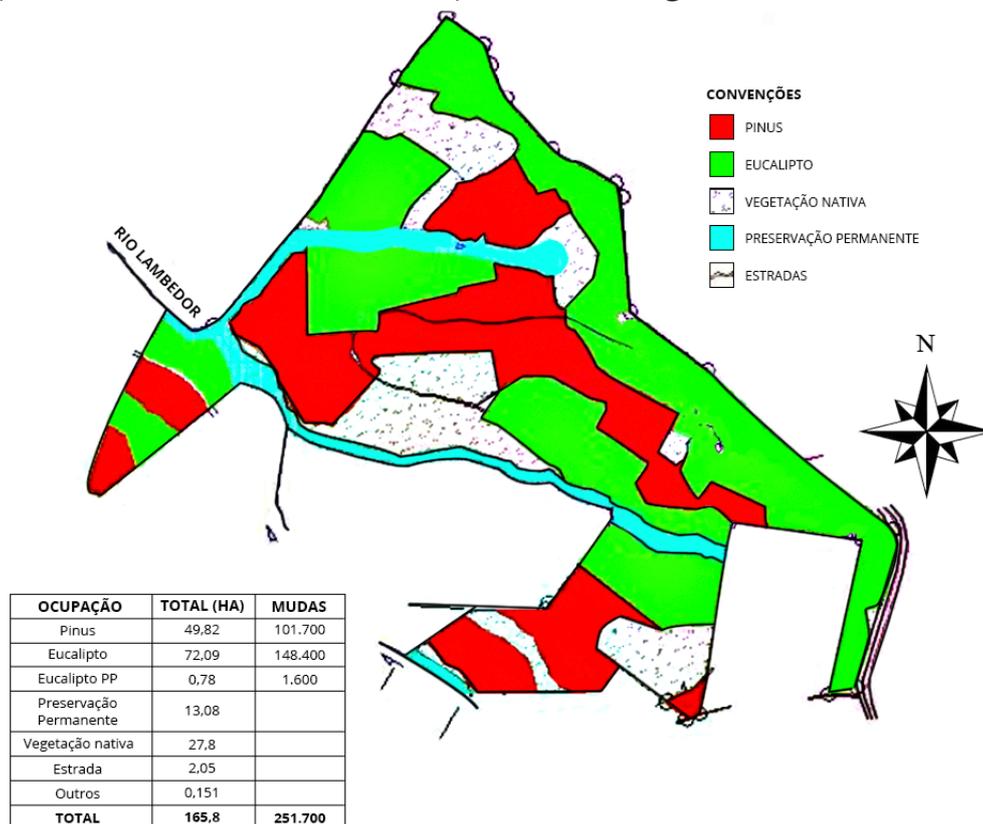


Figura 1 – Cultivo florestal no município Enéas Marques, PR.

Fonte: Franceschi (2013).

COLETA E PROCESSAMENTO DOS DADOS

Para a obtenção das variáveis dendrométricas, realizou-se um inventário florestal detalhado com 15 unidades amostrais de 600 m² (30x20 m) de área útil. O método de amostragem utilizado foi o de área fixa, sendo um dos mais usuais por apresentar economia de tempo e praticidade e por meio do qual se obtiveram as variáveis: diâmetro à altura do peito (DAP), altura (h), área basal e volume.

O processo de amostragem foi sistemática restrita. O processo apresenta algumas vantagens: as unidades amostrais são selecionadas a partir de um esquema de sistematização, consegue-se cobrir toda a população, maior confiabilidade nos dados, o tempo gasto em deslocamento é menor, reduz-se o custo de amostragem, com boa estimativa da média.

Delimitaram-se as parcelas com auxílio de uma linha de barbante, para definição da área. Em cada parcela realizou-se a medição da circunferência à altura do peito (CAP) de cada indivíduo amostrado e a altura total de 30% das árvores; as demais alturas foram estimadas por uma equação hipsométrica.

Após a medição da CAP, esta foi transformada em DAP em cm, por intermédio da seguinte fórmula:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: DAP = diâmetro à altura do peito;

CAP = circunferência à altura do peito;

$\pi = 3,1415$.

As árvores abatidas foram selecionadas a partir do diâmetro de área basal média (dg) e pela altura de Assmann, que considera a altura média aritmética das 100 árvores mais grossas por hectare. No estudo do fator de forma, foram utilizadas 16 árvores cubadas por meio do método de Smalian (equação 2). Na medição dos diâmetros ao longo do tronco de cada árvore, adotou-se a metodologia proposta por Finger (2006), em que as árvores foram derrubadas e, em seguida, foi realizada a cubagem, utilizando-se os dados das medições nas alturas de 0,10; 0,30; 0,70; 1,30 m e, depois, em distâncias de 1,0 m até o topo da árvore. Realizaram-se os cálculos de volume por meio da metodologia de Smalian.

$$\text{Volume rigoroso} = v_0 + \sum_{i=1}^n v_i + v_c \quad (\text{Equação 2})$$

Em que: v_0 = volume do toco;

v_i = volume das secções intermediárias;

v_c = volume do cone.

O volume total de cada árvore da parcela foi calculado a partir das alturas observadas e estimadas, multiplicadas pela área da secção transversal. O volume de cada árvore foi corrigido pelo fator de forma (equação 3), obtido pela relação entre o volume rigoroso e o volume do cilindro a 1,30 m (equação 4) das árvores cubadas. Após, calculou-se a média aritmética do fator de forma, obtendo-se com isso um fator de forma para a espécie.

$$f_{1,3} = \frac{\text{volume rigoroso}}{\text{volume do cilindro com } d_{1,30}} \quad (\text{Equação 3})$$

$$\text{volume do cilindro} = g_{1,30} * h \quad (\text{Equação 4})$$

Em que: g = área basal;

h = altura;

d = diâmetro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Calculou-se o fator de forma artificial para cada árvore; os resultados estão expostos na tabela 1. O fator de forma artificial apresentou valores altos nas árvores de diâmetro de área basal médio, em comparação com as dominantes. Isso se explica pelo fato de, geralmente, as árvores mais novas possuírem troncos com afilamento mais intenso e, assim, o diâmetro da base da árvore é bem maior que o DAP, fazendo com que o volume da árvore seja muito próximo ou até maior que o volume do cilindro de referência (obtido com base no DAP), rendendo valores mais altos do fator de forma artificial (KOHLENER, 2013).

Tabela 1 – Valores encontrados para as variáveis dendrométricas para cada árvore cubada de *Pinus taeda* aos 10 anos de idade, no município de Enéas Marques (PR). Legenda: DAP = diâmetro à altura do peito (1,30 m), em centímetros; dg = diâmetro médio; f = fator de forma; g = área basal, em metros quadrados; h = altura, em metros; h100 = altura dominante de Asmann; v = volume, em metros cúbicos.

Árvore	DAP (cm)	h (m)	g (m ²)	v (m ³)	f
dg-1	14,50	10,90	0,01651	0,10971	0,54
dg-2	15,80	8,60	0,01961	0,09496	0,49
dg-3	11,50	11,10	0,01039	0,11711	0,47
dg-4	14,70	9,40	0,01697	0,10023	0,51
dg-7	14,70	10,91	0,01697	0,11593	0,54
dg-8	15,60	9,50	0,01911	0,09820	0,57
Média	14,47	10,07	0,01659	0,10602	0,52
h100-1	20,40	13,20	0,03268	0,25078	0,51
h100-2	20,00	12,00	0,03142	0,21276	0,50
h100-3	22,30	10,00	0,03905	0,17926	0,42
h100-4	21,30	13,30	0,03563	0,30129	0,44
h100-5	20,20	11,80	0,03205	0,23618	0,54
h100-6	22,80	12,60	0,04083	0,26573	0,49
h100-7	22,00	12,30	0,03801	0,27100	0,47
h100-8	19,40	11,00	0,02956	0,18060	0,51
Média	21,05	12,03	0,03490	0,23720	0,48

As árvores de diâmetro médio apresentaram uma média, para as variáveis diâmetro, altura, área basal e volume, de 14,47 cm, 10,07 m, 0,01658 e 0,106023, respectivamente. Para as árvores dominantes, os valores médios das mesmas variáveis foram de 21,05 cm, 12,02 m, 0,03490 m² e 0,2372 m³ (tabela 1). Nota-se que, para todas as variáveis avaliadas, as árvores de diâmetro médio mostraram valores inferiores quando comparadas às dominantes. Tal resultado pode ser explicado pelo fato de as árvores dominantes serem aquelas que recebem mais nutrientes e que conseguem se desenvolver melhor, em relação às demais.

O fator de forma apresentou uma média de 0,52 para árvores de diâmetro médio e 0,48 para árvores dominantes. Segundo Drescher *et al.* (2001), os fatores de forma diminuem com o aumento do diâmetro até permanecerem, aproximadamente, constantes. Os mesmos autores, ao estudarem o fator de forma artificial de *Pinus elliottii* Engelm para a região da serra do sudeste do estado do Rio Grande do Sul, encontraram valores de 0,48 nos maiores diâmetros para *Pinus*, o que corrobora o presente trabalho. Os valores de fator de forma comprovam a tendência que mostram as árvores de, com o tempo, incrementarem em diâmetro e adquirirem uma forma mais cilíndrica.

Kohler (2013) encontrou um fator forma para *Pinus taeda*, aos oito anos de idade, de 0,471 para plantios no estado do Paraná e 0,443 em Santa Catarina. O autor afirmou que o fator de forma

aumenta à medida que as árvores ficam mais velhas, com a tendência de estabilizar ao longo do tempo, tanto para o fator de forma natural quanto para o artificial.

Cardoso *et al.* (2014) realizaram um estudo sobre o efeito de desrama no fator de forma para um povoamento de 19 anos de idade de *P. taeda* na região nordeste do Paraná. Eles encontraram valores semelhantes aos do presente trabalho, com fator de forma para povoamento com poda de $0,504 \pm 0,011$ e para povoamento sem poda de $0,478 \pm 0,009$. Os pesquisadores concluíram que árvores podadas possuem fator de forma superior ao de árvores não podadas, no final da rotação, e que há contribuição para a produção de maior quantidade de volume por árvore.

Stepka *et al.* (2017) avaliaram a diferença entre o fator de forma artificial médio, quadrático e dominante em povoamento de *P. taeda*, na região dos Campos Gerais, no Paraná. Obtiveram o fator de forma artificial médio de 0,4555, enquanto para as árvores médias quadráticas (dg) e dominantes (ddom) os valores foram, respectivamente, 0,4617 e 0,4493. Verificaram que as árvores dg apresentaram menor afilamento do que as árvores dominantes e atribuíram, possivelmente, os valores ao fato de as árvores dg serem mais afetadas no interior da floresta e de o aumento na densidade da floresta poder elevar o fator de forma dos indivíduos.

Foram encontrados valores médios para as variáveis fator de forma, DAP, altura, área basal e volume de 0,50, 17,9 cm, 11,13 m, 0,0260 m² e 0,1717 m³, respectivamente (tabela 2). Com base no valor médio encontrado para o fator de forma, foi possível determinar o volume total do povoamento, que foi de 168,22 m³/ha. Tal valor possibilita o planejamento da venda e custo da produção de madeira sob diferentes alternativas de manejo

Tabela 2 – Valores médios, mínimo e máximo das variáveis dendrométricas de *Pinus taeda* no município de Enéas Marques (PR). Legenda: DAP = diâmetro à altura do peito (1,30 m), em centímetros; f = fator de forma; g = área basal, em metros quadrados; h = altura, em metros; v = volume, em metros cúbicos.

v (m ³)	DAP (cm)	h (m)	g (m ²)	v (m ³)	f
Mínimo	11,50	8,60	0,01040	0,09500	0,41
Máximo	22,80	13,30	0,04080	0,30130	0,60
Média	17,90	11,13	0,02600	0,17170	0,50

CONCLUSÃO

Por meio de cubagem rigorosa encontrou-se um fator de forma para *Pinus taeda*, na região do sudoeste do Paraná, de 0,50. O fator de forma apresentou uma média de 0,52 para árvores de diâmetro médio e 0,48 para árvores dominantes, ou seja, o fator de forma diminui à medida que o diâmetro aumenta.

REFERÊNCIAS

- Both, I. W.; T. G. de Carvalho & R. Drescher. Determinação de fator de forma artificial para *Tectona grandis* Linn F. em povoamento equiâneo situado em Monte Dourado, estado do Pará, Brasil. Multitemas. 2016; 16(40): 61-74.
- Cardoso, D. J.; J. E. Arce & L. Franciscon. Efeito da desrama em árvores de *Pinus taeda* L. e *Pinus elliottii* Engelm. na idade de corte raso. Anais. II Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal. Curitiba; 2014. p. 267-271.
- Conceição, M. B. da. Comparação de métodos de estimativa de volume em diferentes idades em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex – Maiden [Dissertação de Mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2004.
- Dalla Corte, A. P., C. R. Sanquetta; A. L. Rodrigues; S. do A. Machado; S. P. Netto; A. Figueiredo Filho & G. S. Nogueira. Atualidades em mensuração florestal. Paraná: Curitiba; 2014. 420 p.

- Drescher, R.; P. R. Schneider; C. A. G. Finger & F. L. C. Queiroz. Fator de forma artificial de *Pinus elliottii* Engelm para a região da serra do sudeste do estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*. 2001; 31(1): 37-42. doi: <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782001000100006>.
- Ferreira, S. O. Estudo da forma do fuste de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* [Dissertação de Mestrado]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 1999.
- Finger, C. A. G. *Biometria florestal*. 3. ed. Rio Grande do Sul: Santa Maria; 2006. 283 p.
- Franceschi, F. Determinação da densidade e volume de povoamentos de *Eucalyptus grandis* na região sudoeste do Paraná [Trabalho de Conclusão de Curso]. Dois Vizinhos: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2013.
- Francez, L. M. de B.; D. V. Souza; C. L. I. Takehana & P. L. C. Barros. Manual para análise de inventário florestal e equação de volume em projetos de manejo florestal sustentável – PMFS. Pará: Belém; 2010. 66 p.
- IBA – Indústria Brasileira de Árvores. Anuário estatístico da IBA. São Paulo; 2016. [Acesso em: 21 jun. 2017]. Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf.
- Kohler, S. V. Evolução do afilamento do tronco e do sortimento em plantios de *Pinus taeda* nos estados do Paraná e Santa Catarina [Dissertação de Mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2013.
- Krambeck, L. & B. R. Simão. Características da madeira de espécies do gênero *Pinus*, potenciais para o uso na indústria madeireira na região sul do Brasil. Lages; 2003. 58 p. [Acesso em: 4 jun. 2017]. Disponível em: <http://www.solumad.com.br/artigos/201011171815121.pdf>.
- Maack, R. *Geografia física do estado do Paraná*. 4. ed. Rio de Janeiro; 2012. 526 p.
- Machado, S. A. & A. Figueiredo Filho. *Dendrometria*. 2. ed. Paraná: Guarapuava; 2009. 316 p.
- Prodan, M.; R. Peters; F. Cox & P. Real. *Mensura florestal*. San José: Costa Rica; 1997. 572 p.
- Stepka, T. F.; G. A. Zeny Junior; G. dos S. Lisboa; C. L. Cerqueira; V. A. Pesck & M. Roik. Modelos volumétricos e funções de afilamento para *Pinus taeda* L. na região dos Campos Gerais, Paraná, Brasil. *Espacios*. 2017; 38(21): 26-34.
- Yoshitani Júnior, M. Avaliação biométrica e econômica de plantios de *Pinus taeda* L. em Santa Catarina [Dissertação de Mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2009.