

BIOMASSA EM *Pinus elliottii* Engelm: UM DRENO PARA O CARBONO

Kristiana Fiorentin dos Santos (UFSM) Email: kristianafiorentin@gmail.com
Mauro Valdir Schumacher (UFSM) Email: mvschumacher@gmail.com
Aline Aparecida Ludvichak (UFSM) Email: aline_lud@yahoo.com.br
Bernardo Corso Frantz (UFSM) Email: bernardocfrantz@gmail.com
Leonardo Mortari Machado (UFSM) Email: leonardomortarimachado@yahoo.com.br
Pierre André Bellé (UFSM) Email: pierreandrebellé@gmail.com

Resumo: Estudos de biomassa e estoque de carbono são indispensáveis para o entendimento da dinâmica do carbono em plantações florestais. Deste modo, o presente estudo teve como objetivo quantificar a biomassa acima do solo e o estoque de carbono de um povoamento de *Pinus elliottii* Engelm. Para estimar a biomassa foi utilizado o método destrutivo de quantificação com amostragem de quatro árvores, distribuídas no centro de cada classe. A biomassa foi fracionada nos seguintes componentes: acículas, galhos, madeira do fuste e casca do fuste. A quantidade de biomassa total e de carbono foi de 173,0 e 74,7 Mg ha⁻¹, respectivamente. Ao se tratar os componentes separadamente, tanto em relação à produção de biomassa como acúmulo de carbono, a distribuição percentual seguiu a seguinte ordem: madeira do fuste > casca do fuste > galhos > acículas.

Palavras-chave: Biomassa acima do solo, Estoque de Carbono, Sustentabilidade, Produtividade.

Abstract: Biomass and carbon studies are fundamental for the understanding of carbon in forest plantations. The objective of the present research was to quantify the aboveground biomass as well as the carbon stock of a *Pinus elliottii* Engelm stand. To estimate the biomass, the destructive quantification method was used, with sampling or four trees. The biomass was fractionated in needles, branches, stemwood and stembark. The amount of total biomass and carbon was 173.0 and 74.7 Mg ha⁻¹, respectively. When treating the components separately, both in relation to biomass production and carbon accumulation, the percentage distribution followed the order: stemwood > stembark > branches > needles.

Keywords: Above-ground biomass, Carbon stock, Sustainability, Productivity

1. Introdução

O aquecimento global é causado pelo aumento das concentrações de gases do efeito estufa na atmosfera, especialmente de dióxido de carbono (CO₂) (Dai et al., 2013). Em virtude disso, existe um grande interesse em relação às florestas plantadas de rápido crescimento pela sua eficiência em fixação de carbono (Lisboa et al., 2015). O Brasil, por apresentar clima favorável e grandes extensões territoriais, possui muitos recursos para a produção de biomassa florestal contribuindo para a mitigação do efeito estufa (Sette Junior et al., 2004).

Durante o crescimento das árvores ocorre a absorção de CO₂ da atmosfera, por meio da fotossíntese, e o armazenamento de grandes quantidades de carbono na madeira e demais componentes (Lisboa et al., 2015). Assim, a quantificação do carbono orgânico presentes nas plantações florestais torna-se importante, pois durante seu ciclo são imobilizadas quantidades significativas de carbono existentes na atmosfera (Caldeira et al., 2003).

Das inúmeras espécies do gênero *Pinus* que foram trazidas pelos imigrantes europeus, o *Pinus elliottii* Engelm foi uma das espécies que mais se destacaram devido a facilidade nos tratamentos culturais, rápido crescimento e reprodução intensa no sul e sudeste do Brasil (Schimizu & Sebbenn, 2008). O *P. elliottii* é proveniente da América do Norte, sendo muito plantado na região sul do Brasil. Esta espécie é uma grande produtora de resina e de seus produtos derivados (terebintina e breu), além de ser muito apreciada em serrarias por suas características madeireiras (Foelkel, et al. 1971).

A quantificação da biomassa e estoque de carbono permite uma melhor tomada de decisões no manejo dos recursos florestais, o interesse na completa utilização da árvore, além de fornecer elementos para cálculos das emissões de gases do efeito estufa pela queima e decomposição da matéria orgânica em sistemas naturais e antropizados. Sendo assim, as estimativas de biomassa e estoque de carbono nas plantações florestais são necessárias para um melhor entendimento sobre as mudanças ambientais globais (Silveira et al., 2008; Uri et al., 2012).

Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo estimar a produção de biomassa acima do solo e o estoque de carbono em um povoamento de *Pinus elliottii* Engelm, aos 19 anos de idade.

2. Materiais e Métodos

2.1 Localização e caracterização da área do estudo

O estudo foi realizado em um povoamento de *Pinus elliottii* aos 19 anos de idade, com espaçamento inicial de 3,0 m x 2,0 m, localizado no campus da Universidade Federal de Santa Maria, na cidade de Santa Maria, RS. O local está situado sob as coordenadas geográficas 29°43'10" de latitude Sul e 53°43'38" de longitude Oeste, com altitude média de 100 m.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é classificado como subtropical úmido (Cfa), apresentando temperatura média do mês mais frio de 14,1 °C e 24,8 °C do mês mais quente. A precipitação média anual chega a 1.589 mm (Matzenauer et al. 2011).

O solo da região pertence à unidade de mapeamento São Pedro, sendo classificado como Argissolo Vermelho Distrófico de textura média e relevo suavemente ondulado (Streck et al., 2008). Para caracterizar o solo do talhão do povoamento, a fim de avaliar as principais características químicas do solo (Tabela 1), foram abertas três trincheiras aleatórias, onde foram coletadas amostras em quatro camadas do solo (0-5 cm; 5-10 cm; 10-20 cm; e 20-40 cm).

Tabela 1 - Características químicas do solo, em diferentes camadas, do povoamento de *P. elliottii* aos 19 anos de idade

Profundidade	Argila	M.O	pH	Al	Ca	Mg	P	K	V	M
(cm)	(%)		(H ₂ O)	-----cmol _c dm ⁻³ -----			--mg dm ⁻³ --			%
0-5	20,8	3,5	4,9	0,9	6,0	2,9	3,5	68,7	42,6	8,9
5-10	24,8	2,6	4,8	2,0	4,7	2,7	2,5	38,4	31,1	22,4
10-20	26,8	2,3	4,8	2,6	4,2	2,6	2,6	101,1	24,5	27,7
20-40	26,8	3,4	4,7	3,0	3,4	2,1	2,3	32,0	19,6	36,8

Onde: M.O: matéria orgânica, digestão por combustão úmida (K₂Cr₂O₇ + H₂SO₄); pH em água (1:1); Al, Ca e Mg trocáveis, extração por solução de KCl (1 mol L⁻¹); P disponível e K trocável, extração do solo com solução Mehlich⁻¹; V = saturação por bases; m = saturação por alumínio.

2.2 Características dendrométricas do povoamento

Foram demarcadas quatro parcelas de 15 m por 30 m, distribuídas aleatoriamente na área de estudo, onde foram medidos todos os diâmetros a altura do peito (DAP – 1,3 m do nível do solo) e 20 % das alturas com o uso de um hipsômetro Vertex. As demais alturas foram estimadas por meio de equação de regressão com base na seguinte relação hipsométrica, onde Y representa a altura estimada (m) e x o DAP (m).

$$Y = -0,016x^2 + 1,187x + 3,852$$

A Tabela 2 apresenta as variáveis dendrométricas do povoamento de *P. elliottii*, aos 19 anos de idade estabelecido em Santa Maria, RS.

Tabela 2: Variáveis dendrométricas do povoamento de *P. elliottii*, aos 19 anos de idade

Variáveis	Valores
DAP (cm)	24,4
Altura (m)	22,5
Densidade (ind. ha ⁻¹)	722
Volume (m ³ ha ⁻¹)	171,6

2.3 Amostragem e estimativa da biomassa e do estoque de carbono

A partir das informações dendrométricas coletadas, a amplitude diamétrica do povoamento foi dividida em quatro classes de diâmetro (15,2 cm; 21,7 cm; 28,1 cm e 34,6 cm), com amostragem de uma árvore distribuída no centro de cada classe, totalizando quatro árvores.

As árvores selecionadas foram seccionadas ao nível do solo e a biomassa foi separada nos seguintes componentes: acículas, galhos, madeira do fuste e casca do fuste. Posteriormente foram coletadas amostras representativas para cada componente da biomassa, as quais foram pesadas no campo com balança de precisão e acondicionadas em sacos de papel. No laboratório, as amostras foram secas em estufa de circulação e renovação de ar a temperatura de 70 °C por um período de 72 horas, pesadas em balança de precisão ($\pm 0,01$ g).

A quantidade de carbono foi obtida mediante o uso de fatores de conversão. Para tal foram utilizados dados de Schumacher et al. (2002) os quais estabeleceram, para *Pinus taeda*, aos 20 anos de idade, um fator de conversão de 0,44, 0,37, 0,38 e 0,44 para as acículas, galhos, casca e madeira, respectivamente.

3. Resultados e discussão

Na Tabela 3, é possível verificar a distribuição absoluta e relativa da biomassa e do estoque de carbono estimados nos diferentes componentes das árvores de *P. elliottii*.

Tabela 3: Biomassa e estoque de carbono nos diferentes componentes de *Pinus elliottii*

Componentes	Biomassa		Carbono	
	(Mg ha ⁻¹)	(%)	(Mg ha ⁻¹)	(%)
Acículas	8,2	4,7	3,6	4,8
Galhos	14,8	8,5	5,5	7,3
Casca	16,5	9,5	6,2	8,3
Madeira	133,6	77,2	59,4	79,6
Total	173,0	100,0	74,7	100,0

A biomassa total e estoque de carbono resultaram em 173,0 e 74,7 Mg ha⁻¹, respectivamente. Resultado similar foi encontrado por Watzlawick e Caldeira (2004) avaliando a biomassa e estoque de carbono em um povoamento de *P. taeda* com 14 anos de idade em General Carneiro, PR (171,72 e 75,94 Mg ha⁻¹). Na mesma cidade, resultados superiores foram constatados por Watzlawick et al. (2013), estudando as mesmas variáveis, em *P. taeda* aos 21 anos (273,34 e 114,49 Mg ha⁻¹).

Para o estoque de carbono, resultado inferior ao presente estudo foi encontrado por Balbinot et al. (2003), estimando carbono orgânico em um povoamento de *P. taeda* com cinco anos de idade (18,8 Mg ha⁻¹). Já os pesquisadores Sette Junior; Nakajima e Geromini (2006), estudando a captura de carbono orgânico em povoamentos de *P. taeda* aos 5, 12, 14, 18, 25 e anos, em Rio Negrinho, SC, encontraram 6,5; 82,2; 41,8; 109,9; 91,4 e 91,9 Mg C ha⁻¹, respectivamente.

Em relação à biomassa, os valores encontrados são semelhantes aos obtidos por Giongo et al. (2011), estudando *P. elliottii* aos 23 anos de idade, em Rio Branco do Sul, PR (161,32 Mg ha⁻¹). Valores superiores, foram encontrados por Schumacher et al. (2013) estudando um povoamento de *P. taeda* aos 27 anos de idade em Cambará do Sul, RS (266,08 Mg ha⁻¹); e por Witschorek (2008), na mesma cidade, avaliando um povoamento de *P. taeda* com 17 anos de idade (253,56 Mg ha⁻¹). Já Londero et al. (2011) e Viera et al. (2011) estudando um povoamento de *P. taeda* com 9 anos, também em Cambará do Sul, RS, encontraram valores de biomassa inferiores ao presente estudo, 44,5 e 35,7 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Ao se tratar os componentes separadamente, tanto em relação à produção de biomassa como acúmulo de carbono, a distribuição percentual seguiu a seguinte ordem: madeira do fuste > casca do fuste > galhos > acículas. A sequência de acúmulo de biomassa coincide com os resultados obtidos por: Viera et al. (2011), para um povoamento de *P. taeda* com 9 anos de idade em Cambará do Sul, RS; e por Witschorek (2008), avaliando um povoamento de *P. taeda* aos 17 anos de idade, também em Cambará do Sul. Já Watzlawick e Caldeira (2004), estimando a biomassa e carbono em povoamentos de *P. taeda* com 14 anos, encontraram a seguinte sequência de produção de biomassa: madeira do fuste > galhos vivos > casca > acículas > galhos secos.

No presente trabalho, a madeira representou o maior percentual de biomassa e estoque de carbono. Sendo que o estoque de carbono acumulado na biomassa da madeira representou 79,6 % de todo carbono fixado. Balbinot et al. (2008) avaliando plantações de *Pinus* spp. em diferentes classes de idade, constataram que o carbono presente na biomassa da madeira representou cerca de 70% de todo o carbono fixado. De acordo com Watzlawick et al. (2013), as diferenças encontradas no rendimento da biomassa e níveis de carbono orgânico podem ser afetadas pela área basal, volume, número de árvores por hectare, sítio, entre outros.

A biomassa da copa (folhas + galhos) e a biomassa do fuste (madeira + casca) representaram 13,3 e 86,7 % da biomassa total, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados em trabalho de Giongo et al. (2011), no qual a porcentagem de biomassa da madeira representou 85,0 % do total produzido, enquanto a biomassa da copa representou apenas 15 %. No entanto, resultados distintos foram constatados por Cubas et al. (2016) avaliando *P. taeda* no município de Três Barras, SC; e por Schumacher et al. (2013) também estudando *P. taeda*, aos 27 anos de idade em Cambará do Sul, RS.

Schikowski et al. (2013), avaliando a crescente proporção percentual do fuste de *Pinus* spp. ao longo das classes de idade, observaram que para as classes iniciais (de zero a cinco anos) foi de 37,8%, chegando a mais de 70,0% para as árvores mais velhas. O contrário ocorre com as acículas, que na classe inicial representou 16,0% da biomassa, caindo para 7,7% nas idades intermediárias (classe de 5 a 10 anos), chegando a 1,4% nas idades superiores a 20 anos.

4. Conclusões

A quantidade de biomassa e de carbono foi de 172,9 e 74,7 Mg ha⁻¹, respectivamente. A madeira de *Pinus elliottii* representa um importante dreno para o carbono, ressaltando a importância do uso desta matéria prima quando objetiva-se o sequestro de carbono e minimização do efeito estufa.

5. Referências

- BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M. V.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R. *Inventário do carbono orgânico em um plantio de Pinus taeda aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul*. Revista de Ciências Exatas e Naturais Vol. 5, n. 1, p. 59-68, 2003.
- BALBINOTI, R.; VALÉRIO, A. F.; SANQUETTA, C. R.; CALDEIRA, M. V. W.; SILVESTRE, R. *Estoque de carbono em plantações de Pinus spp. em diferentes idades no sul do estado do Paraná*. Floresta Vol. 38, n. 2, p. 317-324, 2008.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGEL, H. L. *Determinação de Carbono Orgânico em Povoamentos de Acacia mearnsii de Wild. plantados no Rio Grande do Sul*. Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais Vol. 1, n. 2, p. 47-54, 2003.
- CUBAS, R.; COSTA, E. A.; FINGER, C. A. G.; MAYDANCHEN, V. Z. *Modelagem da biomassa da regeneração natural em plantio de Pinus*. Pesquisa Florestal Brasileira Vol. 36, n. 87, p. 303-310, 2016.
- DAI, L.; JIA, J.; YU, D.; LEWIS, B. J.; ZHOU, L.; ZHOU, W.; ZHOU W.; JIANG, L. *Effects of climate change on biomass carbon sequestration in old-growth forest ecosystems on Changbai Mountain in Northeast China*. Forest Ecology and Management Vol. 300, p. 106-116, 2013.
- FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. *Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas*. IPEF n. 2/3, p. 65-74, 1971.
- GIONGO, M.; SILVA, D. B.; KOEHLER, H. S.; MARCHETTI, M. *Inventário de biomassa em um plantio de Pinus elliottii Engelm aos 23 anos de idade*. Journal of Biotechnology and Biodiversity Vol. 2, n. 3, p. 81-86, 2011.
- LISBOA, G. S.; LANZARIN, K.; LIRA, D. F. S.; PESCADOR, C. M. M.; WATZLAWICK, L. F.; VALÉRIO, A. F. *Quantificação da biomassa em plantios de Pinus elliottii Engelm em Clevelândia – PR*. Revista do Instituto Florestal Vol. 27, n. 1, p. 103-115, 2015.
- LONDERO, E. K.; SCHUMACHER, M. V.; SZYMCAK, D. A.; VIERA, M. *Exportação e reposição nutricional no primeiro desbaste de um povoamento de Pinus taeda L. em área de segunda rotação*. Ciência Florestal Vol. 21, n. 3, p. 487-497, 2011.

MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, I. R. *Atlas Climático: Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura Pecuária e Agronegócio; Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), 2011.

SCHIKOWSKI, A. B.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. *Modelagem do crescimento e de biomassa individual de Pinus*. Pesquisa Florestal Brasileira Vol. 33, n. 75, p. 269-278, 2013.

SCHIMIZU, J. Y.; SEBBENN, A. M. Espécies de Pinus na silvicultura brasileira. In: SHIMIZU, J.Y. (Ed.). *Pinus na silvicultura brasileira*. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 49-74.

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK R.; CALDEIRA M. V. W.; WATZLAWICK, L. F. Estoque de carbono em florestas de *Pinus taeda* L. e *Acacia mearnsii* De Wild. plantadas no Estado do Rio Grande do Sul – Brasil. In: SANQUETTA, C.R.; WATZLAWICK, L.F.; BALBINOT R.; ZILLOTTO, M.A.B.; GOMES, F.S. (Eds). *As Florestas e o Carbono*. Curitiba, 2002. p. 141-152.

SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; CALIL, F. N.; LOPES, V. G. *Biomassa e nutrientes no corte raso de um povoamento de Pinus taeda L. de 27 anos de idade em Cambará do Sul – RS*. Ciência Florestal Vol. 23, n. 2, p. 321-332, 2013.

SETTE JUNIOR, C. R.; GEROMINI, M. P.; NAKAJIMA, N. Y. *Quantificação de biomassa do tronco de Pinus taeda em plantios com diferentes idades na região de Rio Negrinho-SC*. Biomassa & energia Vol. 1, n. 4, p. 343-346, 2004.

SETTE JR, C. R.; NAKAJIMA, N. Y.; GEROMINI, M. P. *Captura de carbono orgânico em povoamentos de Pinus taeda L. na região de Rio Negrinho, SC*. Floresta Vol. 36, n. 1, p. 33-44, 2006.

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 Vol. 38, n. 1, p. 185-206, 2008.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. *Solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 126 p.

URI, V.; VARIK, M.; AOSAAR, J.; KANAL, A.; KUKUMÄGI, M.; LÕHMUS, K. *Biomass production and carbon sequestration in a fertile silver birch (Betula pendula Roth) forest chronosequence*. Forest Ecology and Management Vol. 267, p. 117-126, 2012.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; BONACINA, D. M. *Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste de um povoamento de Pinus taeda L. em Cambará do Sul, RS*. Revista Árvore Vol. 35, n. 3, p. 371-379, 2011.

WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W. *Estimativa de biomassa e carbono orgânico em povoamentos de Pinus taeda L. com diferentes idades*. Biomassa & Energia Vol. 1, n. 4, p. 371-380, 2004.

WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; GODINHO, T. O.; BALBINOT, R.; TRAUTENMÜLLER, J. W. *Aboveground stock of biomass and organic carbon in stands of Pinus taeda L.* Cerne Vol. 19, n. 3, p. 509-515, 2013.

WITSCHORECK, R. *Biomassa e nutrientes no corte raso de um povoamento de Pinus taeda L. de 17 anos de idade no município de Cambará do Sul – RS*. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

