

ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO E BIOMASSA EM *Pinus taeda* L.¹

Organic Carbon and Biomass Storage in Pinus taeda L.

Luciano Farinha Watzlawick², Carlos Roberto Sanquetta³ e Marcos Vinicius Winckler Caldeira⁴

Resumo: A estimativa de biomassa e carbono orgânico foi realizada em povoamentos com *Pinus taeda* L. com 21, 22 e 23 anos de idade, em área pertencente às Indústrias Pedro N. Pizzato Ltda., localizada no município de General Carneiro- PR. Para estimar a biomassa da vegetação arbórea e arbustiva (sub-bosque), da serapilheira acumulada e das raízes, foram avaliadas unidades amostrais de tamanho diferenciados. Obteve-se como resultados que a produção média de biomassa total (acima e abaixo do solo) no povoamento com 21 anos foi 298,99 Mg ha⁻¹ (número médio de árvores por hectare = 440); com 22 anos foi 271,83 Mg ha⁻¹ (número médio de árvores por hectare = 398); e com 23 anos foi 280,92 Mg ha⁻¹ (número médio de árvores por hectare = 200). O estoque de carbono orgânico do povoamento com 21 anos foi 135,49 Mg ha⁻¹ e 23 anos foi 130,42 Mg ha⁻¹, porém o menor estoque foi observado no povoamento com 22 anos (119,07 Mg ha⁻¹). A produção de biomassa do sub-bosque e a quantidade de serapilheira foram semelhantes no povoamento com 21 e 23 anos; já o povoamento com 22 anos apresentou valores semelhantes na quantidade de carbono orgânico no sub-bosque e na serapilheira acumulada.

Palavras-chave: *Pinus taeda*, biomassa, carbono orgânico, vegetação arbórea, vegetação arbustiva e serapilheira acumulada.

Abstract: Biomass and organic carbon estimate was carried out in 21-, 22- and 23-year-old *Pinus taeda* plantations at Pedro N. Pizzato Industries Inc., located in General Carneiro, PR. Sampling units of different sizes were evaluated to estimate arboreal and arbustive vegetation biomass (subwood), dead biomass (accumulated litter) and underground biomass (roots). Total biomass average production (above and below the soil) was 298.99 Mg ha⁻¹ for 21-year-old plantation (average number of trees per hectare = 440); for the 22-year-old plantation, 271.83 MG ha⁻¹ (average number of trees per hectare = 398), and for the 23-year old plantation, 280.92, Mg ha⁻¹(average number of trees per hectare = 200). Organic carbon accumulation in 21-year-old plantation was 135.49 Mg ha⁻¹ and for the 23-year-old plantation, 130.42 Mg ha⁻¹. However, the smallest accumulation (119.07 Mg ha⁻¹) was observed in the 22-year-old plantation. Biomass production of subwood and accumulated litter were similar in the 21- and 23-year-old plantations but the 22-year-old plantation showed similar values for the quantity of organic carbon in subwood and accumulated litter.

Keywords: *Pinus taeda*, biomass, organic carbon, arboreal vegetation, arbustive vegetation and accumulated litter.

¹ Recebido para publicação 5.3.2005 em e aceito em 11.2.2006.

² Professor Adjunto, D.S., Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, BR 153, Km 7, Bairro Riozinho, 84500-000 Irati-PR, <farinha@irati.unicentro.br>. ³ Professor, D.S., Departamento de Ciências Florestais, Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Rua Lothário Meissner, 3400, Jardim Botânico, 80210-170 Curitiba-PR. ⁴ Professor D.S., Departamento de Engenharia Florestal, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau – FURB, Rua Araçatuba, 83, Campus II, Itoupava Seca, 89030-080 Blumenau-SC, <caldeira@furb.br>.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Gardner e Mankin (1981), os ecossistemas florestais contêm cerca de 90% da biomassa da Terra, cobrindo aproximadamente 40% da sua superfície. Em função da grande proporção existente de biomassa (CAMPOS, 1991), torna-se importante e útil realizar avaliações nos diferentes ecossistemas. É importante também estudar a conversão de energia e a ciclagem de nutrientes (GOLLEY et al., 1971), a absorção e o armazenamento de energia solar (ANDRAE; KRAPPENBAUER, 1983), o que contribui para fazer avaliações e considerações para o manejo racional dos diferentes ecossistemas.

A definição de biomassa na literatura mundial difere entre autores. Martinelli et al. (1994) definem biomassa como a quantidade expressa em massa do material vegetal disponível em uma floresta. Brigadão (1992) refere-se ao termo fitomassa como o material seco da planta, que combinado com a zomassa corresponde à biomassa.

A biomassa acumulada nos ecossistemas, segundo Kozłowski e Pallardy (1996), é afetada por todos aqueles fatores relacionados com a fotossíntese e a respiração. Nesse sentido, Campos (1991) e Caldeira (1998) acrescentam que esta acumulação (produção) é diferente de local para local onde é medida, refletindo a variação dos diversos fatores ambientais e fatores inerentes à própria planta. Existe uma relação entre biomassa e produtividade primária, que é conhecida como acumulação de biomassa. Esta relação é normalmente baixa em povoaamentos jovens de rápido crescimento e é maior onde a maior parte da energia é utilizada para manter o alto estoque de biomassa existente.

Sabe-se que durante a fase inicial do desenvolvimento de uma floresta grande parte dos carboidratos é canalizada para a produção de biomassa da copa. Com o passar do tempo, as copas começam a competir entre

si, aumentando a produção relativa do tronco e diminuindo gradativamente a biomassa das folhas e dos ramos (ANDRAE, 1978; SCHUMACHER, 1996).

Conforme Higuchi e Carvalho Júnior (1994), as estimativas da biomassa, nos vários tipos florestais, geram ainda muita polêmica e controvérsias. Algumas estimativas vêm de estudos que utilizam métodos diretos e outras, de métodos indiretos. Os métodos indiretos baseiam-se normalmente em dados provenientes de inventários florestais, executados com a finalidade de planejar a exploração e o manejo florestal, onde a variável de interesse é o volume de madeira. Já nos métodos diretos, são derrubadas e pesadas todas as árvores que ocorrem em uma parcela fixa.

Diferentes tipos de floresta armazenam quantidades diferentes de carbono dentro de sua biomassa, e locais diferentes dentro de um mesmo tipo de floresta também variam muito com relação à quantidade de biomassa. Esta afirmação se baseia no fato de a maioria das estimativas de biomassa ser feita apenas nas partes aéreas da planta, considerando-se somente as partes vivas da planta acima do solo. Adaptações devem ser feitas para as estimativas das árvores menores, da vegetação rasteira no solo e da vegetação viva abaixo do solo (raízes), devendo-se incluir também a vegetação morta, tanto acima como abaixo do solo, em pé ou caída (HOUGHTON, 1994).

Estudo realizado por Koehler et al. (2002) comprova as afirmações feitas por Higuchi e Carvalho Júnior (1994). Em estudo para verificar as fontes e os erros nas estimativas de biomassa e do carbono orgânico, os autores ajustaram um modelo matemático para gerar estimativas, utilizando dados de biomassa determinados diretamente no campo (utilizado como parâmetro). Ao gerar as estimativas e compará-las com os dados de campo, foi constatado que elas subestimavam em 12,88% a quantidade de biomassa real. Os autores também chamam a atenção

quando da realização de inventários de biomassa e a utilização de equações impróprias. No mesmo trabalho, eles utilizaram a equação ($Y = \exp[-3,1141 + 0,9719 \times \ln(DAP^2 \times H_{tot})]$), desenvolvida por Brown et al. (1989), verificando uma superestimativa de 27,06% para a biomassa real. Concluíram dizendo que os diferentes tipos florestais produzem diferentes quantidades de biomassa, portanto um cuidado deve ser tomado no uso de equações obtidas para tipos florestais e condições diferentes daqueles em que se deseja estimar a biomassa.

O gênero *Pinus* é uma das principais espécies plantadas no Estado do Paraná, o qual vem suprindo as indústrias de base florestal com matéria-prima, tornando-se assim importante para o setor industrial madeireiro. A quantificação da biomassa arbórea e do carbono orgânico nessa espécie torna-se importante em função de seu rápido crescimento, conseqüentemente maior quantidade de carbono orgânico fixada em menor tempo.

O objetivo do presente trabalho foi estimar a biomassa e o carbono orgânico na vegetação arbórea e arbustiva (sub-bosque e regeneração), na raiz e na serapilheira em povoamentos de *Pinus taeda* L. com 21, 22 e 23 anos de idade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em propriedade pertencente às Indústrias Pedro N. Pizzato Ltda., no município de General Carneiro-PR, conforme pode-se visualizar na Figura 1. A área de estudo está localizada entre as coordenadas geográficas 26° 43' 00" latitude S e 51° 24' 35" longitude W de Greenwich, com altitude aproximada de 1.000 m n.m.m. A fazenda possui uma área total de aproximadamente de 4.210,75 ha.

O clima da região, conforme classificação de Köppen, é caracterizado como Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), tendo os verões frescos e os invernos com a ocorrência de

severas geadas, e não possui estações secas. As médias das temperaturas dos meses mais quentes é inferior a 22 °C e a dos meses mais frios, superior a 18 °C (PARANÁ, 1987).

Conforme Levantamento... (1984), o substrato geológico da região é formado pelo derrame de Trapp da formação da Serra Geral. Os solos são orgânicos e hidromórficos, com o predomínio de Neossolos Litólicos, Cambissolos e Argissolos (PARANÁ, 1987). As características topográficas dividem-se em plana, ondulada e montanhosa, sendo a última de maior predominância (EMBRAPA, 1999).

A vegetação natural refere-se à Floresta Ombrófila Mista ou floresta com araucária

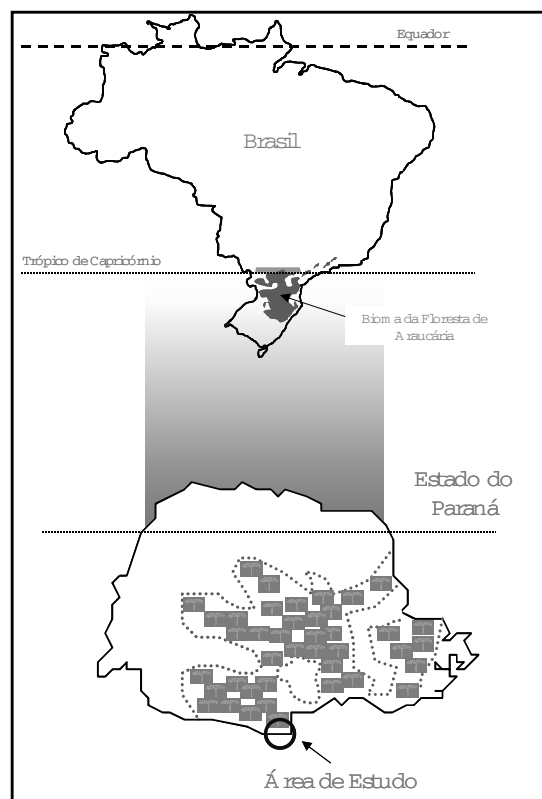


Figura 1 – Localização do município de General Carneiro-PR.

Figure 1 – Location of General Carneiro, PR.

(IBGE, 1992), que cobria originalmente cerca de 200.000 km² em todo o Brasil, ocorrendo no Paraná (40% de sua superfície), em Santa Catarina (31%), no Rio Grande do Sul (25%) e em manchas esparsas no sul do Estado de São Paulo (3%), adentrando até o sul de Minas Gerais e Rio de Janeiro (1%) (CARVALHO, 1994).

Nos povoamentos de *Pinus taeda* estudados não foram realizadas desramas, porém foram realizados desbastes. Nos povoamentos com 22 e 23 anos foram realizados quatro desbastes, sendo o último efetuado em 2001. Já o povoamento com 21 anos teve três desbastes realizados, tendo o último sido em 2000. No Quadro 1 estão as informações dendrométricas dos povoamentos estudados.

Quadro 1 - Informações dendrométricas das plantações de *Pinus taeda* L. nas diferentes idades

Table 1 - Dendrometric data on *Pinus taeda* L. plantation at the different ages

Idade (anos)	Nº Indivíduos (arv. ha ⁻¹)	Área Basal (m ² ha ⁻¹)	Volume do Fuste (m ³ ha ⁻¹)
21	440	49,90	651,10
22	398	47,92	565,09
23	200	47,40	589,30

2.1 Procedimentos de campo e de laboratório

Os dados de biomassa foram coletados no campo, pelo método destrutivo de quantificação, utilizando-se para tanto a amostragem de sete árvores distribuídas aleatoriamente pelo povoamento, em cada uma das idades. Todos os indivíduos foram derrubados, obtendo-se inicialmente as variáveis dendrométricas: DAP, altura total e altura comercial (diâmetro mínimo de 8 cm).

Depois de abater cada árvore, seus componentes foram separados e amostrados.

Estas amostras foram pesadas no campo, em balança mecânica com precisão de 0,1 g, para determinação do teor de umidade.

A amostragem das acículas foi feita na ponta, no meio e na base da copa. No caso dos galhos adotou-se o mesmo procedimento, retirando-se amostras com casca na extremidade, no meio e na base dos galhos. As amostras da casca do fuste foram retiradas na base, à meia altura e na ponta da árvore, nos mesmos locais onde foram retirados os discos para amostragem da madeira do fuste. A quantificação do peso total da casca foi feita por relações de fator de casca. Já a madeira do fuste foi seccionada e pesada diretamente em uma balança com capacidade para 300 kg. Após a amostragem, os galhos foram removidos para coleta e pesagem dos ramos aciculados. Depois de separados, os galhos foram igualmente pesados.

A biomassa radicial foi quantificada na área determinada como área teórica de ocupação de cada planta dentro do povoamento. No caso, em se tratando de um plantio de 2,5 x 2,0 m, a área útil foi de 5 m², que foi escavada até 0,5 m de profundidade, onde as raízes com diâmetro igual ou superior a 1 cm foram coletadas.

Após a pesagem e amostragem dos diversos componentes, estes foram levados para o laboratório e secos em estufa de renovação e circulação de ar, a uma temperatura constante de 75 °C, até atingir o peso constante, para posterior determinação de peso seco e preparação para análise química do teor de carbono orgânico.

As análises de carbono orgânico no tecido vegetal foram executadas de acordo com a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995), realizadas no Laboratório de Ecologia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria-RS.

A etapa de processamento dos dados envolveu os cálculos de biomassa úmida, biomassa seca e carbono orgânico. Com os

dados provenientes da biomassa verde e dos teores de umidade para cada componente de cada árvore abatida, calculou-se a biomassa seca, utilizando a seguinte formulação:

$$BS = BV \times (1 - Um)$$

em que BS = biomassa seca (kg); BV = biomassa verde (kg); e Um = teor de umidade (%).

Após os cálculos da biomassa seca, procederam-se aos cálculos relativos à quantidade de carbono orgânico existente em cada componente, utilizando-se para tanto a seguinte formulação:

$$CO = BS \times TCO$$

em que CO = carbono orgânico (kg); BS = biomassa seca (kg); e TCO = teores médios de carbono orgânico ($g\ kg^{-1}$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Biomassa e carbono orgânico na vegetação arbórea

No Quadro 2 estão os valores médios de biomassa e carbono orgânico encontrados nos povoamentos de *Pinus taeda* com diferentes idades. Independentemente da idade, a maior produção de biomassa, bem como o conteúdo

de carbono orgânico, ocorreu na madeira do fuste e a menor nos galhos mortos e nas acículas. Conforme Andrae (1978), o maior porcentual de biomassa encontra-se na madeira do fuste e ele tende a aumentar à medida que o povoamento envelhece. Pereira et al. (1984) observaram que com o aumento da idade ocorre também um aumento substancial da proporção de madeira em relação à matéria seca total.

Pode-se perceber que os povoamentos com 21 e 23 anos, em ordem decrescente, tiveram a maior produção de biomassa e quantidade de carbono orgânico na madeira do fuste > galhos vivos > casca > raiz > galhos mortos > acículas. Já no povoamento com 22 anos, a seqüência foi: madeira do fuste > raiz > casca > galhos vivos > galhos mortos > acículas.

Os dados de biomassa apresentados no Quadro 2 são semelhantes aos dados apresentados por Schumacher (2000) em povoamentos de *Pinus taeda* com 20 e 15 anos de idade. Em ordem decrescente, a contribuição da biomassa no povoamento com 20 anos de idade foi: madeira do fuste > ramos > raiz > casca > acículas, porém no povoamento com 15 anos a seqüência foi: madeira do fuste > raiz > acículas > ramos > casca. Copetti (2001), trabalhando com a

Quadro 2 – Biomassa e carbono orgânico ($Mg\ ha^{-1}$) em povoamentos de *Pinus taeda*
Table 2 - Biomass and organic carbon ($Mg\ ha^{-1}$) in *Pinus taeda* plantations

Idade (anos)	Acícula	Galhos Vivos	Galhos Mortos	Casca	Madeira do Fuste	Raiz	Total
Biomassa ($Mg\ ha^{-1}$)							
21	8,06	34,48	10,23	33,27	187,30	25,65	298,99
22	9,11	31,41	9,94	32,06	149,86	39,45	271,83
23	9,69	47,30	12,53	32,27	155,62	23,51	280,92
Carbono orgânico ($Mg\ ha^{-1}$)							
21	3,38	14,08	4,18	12,78	80,07	10,69	135,49
22	3,82	12,82	4,06	12,31	64,06	16,43	119,07
23	4,07	19,31	5,12	12,39	66,53	10,10	130,42

mesma espécie, porém com 18 anos, observou a seguinte seqüência: madeira do fuste > galhos vivos > casca > acículas > galhos mortos.

Geralmente, a biomassa acima do solo é distribuída na seguinte ordem: madeira do fuste > galhos > casca > folhas (CURLIN, 1970; SCHUMACHER, 1995; CALDEIRA, 1998, 2003; WATZLAWICK, 2003). A distribuição da biomassa nos diferentes órgãos da planta varia de espécie para espécie, e até mesmo em uma população com a mesma espécie (ABRAHAMSON; GADGIL, 1973; CALDEIRA, 2003).

A maior produção de biomassa total e acúmulo de carbono orgânico na biomassa foi verificada no povoamento com 21 anos. Esse resultado pode ser justificado pela grande densidade de indivíduos por hectare, valor este que também afetou diretamente a quantidade de volume do fuste.

De acordo com Satoo, citado por Valeri (1989), a produção de biomassa não está relacionada diretamente com a produção de matéria seca, mas sim com a idade do povoamento. No presente trabalho essa afirmação não foi confirmada, o que pode ter sido determinado principalmente em função das diferentes condições de sítio, tratos culturais e densidade de plantas. Valeri (1989) complementa, dizendo que a quantidade de biomassa varia em função das condições do povoamento, como: qualidade do sítio, altitude, fatores ambientais e silviculturais. Na coleta de dados sobre biomassa é fundamental obter as informações sobre o local, a época de amostragem, a altura média e área basal.

O resultado da produção de biomassa total de *Pinus taeda* com 21 anos foi similar ao do trabalho de Schumacher (2000) com *Pinus taeda*, com 20 anos de idade, na região de Camará do Sul-RS, onde a produção de biomassa arbórea e a de carbono orgânico foram de 264,60 Mg ha⁻¹ e 115,81 Mg ha⁻¹,

respectivamente, com uma densidade de 300 árvores por ha.

A maior contribuição da madeira do fuste, em relação aos outros componentes da biomassa, foi também verificada em outros estudos, entre eles o de Resende et al. (1983) com *Eucalyptus grandis*, aos 3,5 anos de idade; de Valeri (1988) com *Pinus taeda* com 7, 10 e 14 anos de idade, na região de Telêmaco Borba-PR; de Schumacher (1995) com *E. saligna*, aos 7 anos de idade, plantado no Horto Florestal Francisquinho e Horto Florestal Barba Negra – RS, de Caldeira et al. (2000), com *Acacia mearnsii*, aos 2,4 anos de idade.

Nesse sentido, fica evidente que as diferenças na produção de biomassa e na quantidade de carbono orgânico para a espécie estudada, além de serem afetadas pelos fatores citados, foram também influenciadas pela área basal, pelo volume, pelo número de árvores por hectare, bem como pelo sítio florestal também influenciaram diretamente a produção de biomassa.

A porcentagem das raízes em relação à biomassa total foi de 8,6, 14,5 e 8,4%, respectivamente, aos 21, 22 e 23 anos. Em estudo realizado por Watzlawick (2003), em povoamentos de *Pinus taeda*, observou-se que a porcentagem das raízes em relação à biomassa total foi de 13,7% aos 14 anos e 10,6% aos 32 anos.

O valor obtido por Schumacher (2000), em povoamento da mesma espécie, também difere dos apresentados anteriormente, sendo o percentual de contribuição do sistema radicular para povoamento com 20 anos de 12,51% em relação à biomassa total dos componentes da árvore.

A diferença de porcentagem das raízes em relação à biomassa total entre as espécies florestais, principalmente em povoamentos, pode ser devido ao sítio onde estão implantados os povoamentos, bem como à fertilidade do solo.

Cabe ressaltar que as diferenças na produção de biomassa radicial para uma mesma espécie, com a mesma idade, porém estabelecidas em locais diferentes, pode ser atribuída ao grau de armazenamento dos elementos essenciais e às condições inerentes ao sítio, como menor teor de argila e matéria orgânica no solo. Quanto maior a disponibilidade de água e de elementos essenciais maior será a alocação de assimilados para o sistema radicial, visando, neste sentido, maior exploração espacial do solo (SCHUMACHER, 1995; CALDEIRA, 1998).

A produção de biomassa abaixo do solo varia com a espécie e o espaçamento (REIS et al., 1993; SCHUMACHER, 1995; WATZLAWICK, 2003; CALDEIRA, 2003). Gonçalves e Mello (2000) acrescentam dizendo que a contribuição do sistema radicular para a biomassa total da árvore varia em função da idade (SCHUMACHER, 1995; WATZLAWICK, 2003), devendo ser ressaltado que os percentuais maiores ocorrem na fase inicial do crescimento e que a maioria dos fotoassimilados sintetizados pelas plantas é canalizada para formação da copa e do sistema radicular. Esta contribuição somente mudará após o fechamento da copa, quando o acúmulo de nutrientes passa a ser mais intenso nos troncos, uma vez que a formação da copa atingiu uma fase de relativa estabilidade, pois o auto-sombreamento impõe uma área foliar máxima-limite.

De modo geral, ao comparar a biomassa e o estoque de carbono orgânico nos diferentes componentes do presente estudo com os dos demais trabalhos realizados com a mesma espécie, bem como com outras espécies, pode-se observar que os valores não são similares em relação a outros trabalhos. Essas diferenças provavelmente ocorrem em função de diversos fatores, como: fatores ambientais e fatores inerentes à planta (SPURR e BARNES, 1986), condições edafoclimáticas do sítio (HAAG, 1985; SCHUMACHER, 1995), idade (CROMER et al., 1975;

VALERI, 1988; WATZLAWICK, 2003), características ecofisiológicas de cada espécie (SCHUMACHER, 1995; CALDEIRA, 2003), densidade de indivíduos (VALERI, 1988; WATZLAWICK et al., 2002; WATZLAWICK, 2003), como também em função das diferentes metodologias utilizadas no levantamento (WATZLAWICK et al., 2002; CALDEIRA, 2003; WATZLAWICK, 2003).

3.2 Biomassa e carbono orgânico na vegetação arbustiva (sub-bosque) e na serapilheira acumulada

Sabe-se que em povoamentos florestais, além das espécies plantadas, ocorre o desenvolvimento natural da vegetação, quer seja por espécies nativas quer pela regeneração natural da própria espécie plantada. A vegetação estudada no presente trabalho foi considerada vegetação arbustiva, que inicialmente compete por recursos como luz, água e nutrientes.

Com o desenvolvimento da espécie plantada os indivíduos crescem como um todo, e as copas que inicialmente possuíam maior espaço para o seu desenvolvimento começam a competir por espaço, ocorrendo assim o fechamento no dossel do povoamento, o que impede que haja maior incidência de luz na vegetação arbustiva e, conseqüentemente, prejudica o seu desenvolvimento.

A produção de biomassa e o acúmulo de carbono orgânico da vegetação arbustiva de *Pinus taeda* (Quadro 3), de modo geral, é superior à do estudo realizado por Watzlawick (2003), em povoamentos de *Araucaria angustifolia* com diferentes idades. Essas diferenças podem ser atribuídas aos vários tratamentos silviculturais realizados.

O povoamento de *Pinus taeda* com 22 anos foi o que apresentou a maior quantidade de biomassa e carbono na vegetação arbustiva (Quadro 3), o que se deve ao fato de terem sido realizados desbastes mais

Quadro 3 – Biomassa e carbono orgânico (Mg ha⁻¹) na vegetação arbustiva (sub-bosque) e na serapilheira acumulada sobre o solo em povoamentos de *Pinus taeda*

Table 3 – Biomass and organic carbon (Mg ha⁻¹) in arbustive vegetation (subwood) and accumulated litter on the soil in *Pinus taeda* plantations

Idade (anos)	Biomassa (Mg ha ⁻¹)		Carbono Orgânico (Mg ha ⁻¹)	
	Sub-bosque	Serapilheira	Sub-bosque	Serapilheira
21	2,79	20,76	1,21	7,73
22	9,73	10,19	3,91	3,92
23	2,94	20,38	3,60	9,23

intensos, permitindo assim maior entrada de luz e, portanto, favorecendo o desenvolvimento da vegetação arbustiva.

Comparar resultados de biomassa de forma ampla é tarefa difícil, principalmente da vegetação arbustiva (sub-bosque), pois não há disponibilidade de literatura que verse sobre o tema proposto. Os trabalhos sobre biomassa arbustiva no Brasil são raros, podendo ser citados os realizados com *Araucaria angustifolia* (SCHUMACHER et al., 2002a, b), *Eucalyptus* spp. (SCHUMACHER; WISTCHORECK, 2004a), *Pinus elliotti* (36 anos de idade) (SCHUMACHER et al., 2004b), *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* com várias idades (WATZLAWICK, 2003), em florestas naturais (WATZLAWICK, 2003; CALDEIRA, 2003) e em florestas naturais em diferentes estádios de regeneração (WATZLAWICK et al., 2002).

A quantidade de serapilheira acumulada nos povamentos com 21 e 23 anos (Quadro 3) foi praticamente igual. Os resultados de serapilheira acumulada no presente estudo são muito similares aos apresentados no trabalho de Rovedder et al. (2000) com *Pinus elliottii* aos 27 anos e *Pinus taeda* com 28 anos, plantados em Faxinal de Soturno-RS. Os autores constataram que a quantidade de serapilheira acumulada foi de 21 e 23 Mg ha⁻¹, respectivamente.

Os resultados de serapilheira no povoamento com 21 e 23 anos também são

similares aos do trabalho realizado por Watzlawick (2003) com a mesma espécie, porém com 14 anos (20,76 Mg ha⁻¹) e 16 anos (20,11 Mg ha⁻¹). No entanto, segundo os dados obtidos por Hendges et al. (1997) para *Pinus* sp., com a mesma idade (27 e 28 anos) e estabelecidos na mesma região, a serapilheira acumulada foi de 63,0 Mg ha⁻¹.

A menor quantidade de biomassa e carbono orgânico na serapilheira acumulada no povoamento de *Pinus taeda* aos 22 anos de idade pode ser atribuída, principalmente, à menor deposição ou à maior taxa de decomposição, ocasionada pela maior quantidade de vegetação arbustiva (CALDEIRA, 2003).

A variação na quantidade de serapilheira acumulada nas diferentes plantações, segundo O'connell e Sankaran (1997), é expressa pela influência dominante das características da espécie, idade dos povoamentos, taxa de incremento, condições edafoclimáticas e propriedades dos solos. A serapilheira acumulada nos solos estabelecidos por plantações florestais pode variar significativamente entre diferentes espécies, nos mesmos sítios.

Outro aspecto importante que pode ter influenciado a quantidade de serapilheira acumulada entre as idades estudadas é o alto teor de umidade no interior do povoamento, bem como os diferentes tratamentos silviculturais e as práticas de manejo realizadas.

4 CONCLUSÕES

Nas três idades estudadas houve diferença no estoque de biomassa arbórea total (acima e abaixo do solo), arbustiva e da serapilheira acumulada, bem como no estoque do carbono orgânico, principalmente em razão das diferenças existentes relacionadas às condições de manejo, como os desbastes, e também em função da densidade de indivíduos por hectare. Essas condições devem ser levadas em consideração nas determinações da biomassa e do carbono orgânico, como também os diferentes sítios florestais.

De modo geral, fica evidente a importância de quantificar a biomassa e o carbono nas diferentes idades em povoamentos florestais, bem como nos diferentes componentes de uma árvore e compartimentos do ecossistema florestal.

REFERÊNCIAS

- ANDRAE, F. H. **Ecologia florestal**. Santa Maria: UFSM, 1978. 230 p.
- ANDRAE, F.; KRAPPENBAUER, A. Distribuição de raízes finas do pinheiro bravo (*Podocarpus lambertii*) e do pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*). In: PESQUISAS AUSTRO-BRASILEIRAS 1973, 1982, 1983. Santa Maria: UFSM. p. 56-67, 1983.
- LEVANTAMENTO DE RECONHECIMENTO DOS SOLOS DO ESTADO DO PARANÁ. Londrina: 1984. (Boletim de Pesquisa, 27, 2 t.)
- BRIGADÃO, C. **Dicionário de ecologia**. Rio de Janeiro: Toop Books Editora, 1992. 344 p.
- CALDEIRA, M. V. W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná**. 2003. 176 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Produção de biomassa em uma procedência australiana de *Acacia mearnsii* De Wild., plantada no sul do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 201-206, 2000.
- CALDEIRA, M. V. W. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.)**. 1998. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Maria, Santa Maria, 1998.
- CAMPOS, M. A. A. **Balço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*. Avaliação na safra e na safrinha**. 1991. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1991.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ; EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.
- COPETTI, L. **Produção e distribuição da biomassa em povoamento de *Pinus taeda* L., aos 18 anos de idade, na região de Cambará do Sul-RS**. 2001. 26 f. Relatório (Estágio Supervisionado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.
- CROMER, R. N. et al. Eucalyptus plantations in Australia. The potential for intensive production. **Appita**, v. 29, p. 165-173, 1975.
- CURLIN, J. W. Nutrient cycling as a factor in site productive and forest fertilization. In: YOUNGBERG, C. T.; DAVEY T. **Tree growth and forest soils**. Oregon: Oregon State University Press, 1970. p. 313-326.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- GARDNER, R. H.; MANKIN, J. B. Analysis of biomass allocation in forest ecosystems of the IBP. In: REICHLE, P. D. **Dynamic properties of forest ecosystems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1981. p. 451-497.
- GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G. La biomassa y la estructura mineral de algunos bosques de Darien, Panamá. **Turrialba**, San Jose, v. 21, n. 2, p. 189-196, 1971.
- GONÇALVES, J. L. M.; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. p. 221-267.

- HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargil, 1985. 144 p.
- HENDGES, M. K. et al. Quantificação da serapilheira de *Pinus* sp., na região de Santa Maria - RS. In: JORNADA ACADÊMICA INTEGRADA, 13., 1998, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 1998. p. 287-288.
- HIGUCHI, N.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 1994. p. 125-153.
- HOUGHTON, R. A. As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais. In: EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1994. p. 38-76.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: 1992. 92 p.
- KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F. Fontes e níveis de erros nas estimativas do potencial de fixação de carbono. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: 2002. p. 251-264.
- KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Physiology of woody**. 2.ed. San Diego: Academic, 1996. 432 p.
- MARTINELLI, L. A. et al. Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais. In: EMISSÃO X SEQÜESTRO DE CO₂ – UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 1994. p. 197-221.
- O'CONNELL, A. M.; SANKARAN, K. V. Organic matter accretion, decomposition and mineralisation. In: NAMBIAR, E. K. S., BROWN, A. G. (Ed.). **Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests**. Canberra: ACIAR Australia/CSIRO, 1997. p. 443-480. (Monograph, n. 43).
- PARANÁ. Secretária de Estado de Agricultura e Abastecimento. Instituto de Terras, Cartografia e Florestas. **Atlas do Estado do Paraná**. Curitiba: 1987. 73 p.
- PEREIRA, A. R. et al. Concentração e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* em função da idade, cultivado na região do cerrado. **Brasil Florestal**, n. 59, p. 27-38, 1984.
- REIS, G. G. et al. **Relações entre a densidade populacional e o uso de água, luz e nutrientes na região do Cerrado, Minas Gerais – resultados preliminares**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1993. 53 p.
- RESENDE, G. C. et al. Produção e macronutrientes em florestas de eucalipto sob duas densidades de plantio. **Revista Árvore**, v. 7, n. 2, p. 165-196, 1983.
- SCHUMACHER, M. V. **Nährstoffkreislauf in verschiedenen Beständen von *Eucalyptus saligna* (Smith), *Eucalyptus dunnii* (Maiden) und *Eucalyptus globulus* (Labillardière) in Rio Grande do Sul, Brasilien**. 1995. 167 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Nutrição Florestal) – Universität für Bodenkultur, Wien, 1995.
- SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes como base da produção sustentada em ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS NATURAIS DO MERCOSUL: O AMBIENTE DA FLORESTA, 1., 1996, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/ CEPEF, 1996. p. 65-77.
- SCHUMACHER, M. V. **Quantificação do carbono orgânico em florestas de *Pinus taeda* L., com diferentes idades**. Santa Maria: UFSM, 2000. (Relatório de pesquisa).
- SCHUMACHER, M. V. et al. Quantifizierung der Biomasse und des Nährstoffgehalts bei der Erstdurchforstung eines Araukarienbestandes in Quedas do Iguaçu (Paraná, Brasilien). **Forstarchiv**, Germany, v. 73, n. 5, p. 187-194, 2002a.
- SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M.; BARBIERI, S. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes no corte raso de uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. na região de Quedas de Iguaçu-PR**. Santa Maria: UFSM, 2002b. (Relatório de pesquisa).

- SCHUMACHER, M. V.; WISTSCHORECK, R. Inventário de carbono em povoamentos de *Eucalyptus* spp. nas propriedades fumageiras do sul do Brasil: um estudo de caso”. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLIOTTO, M. A. (Ed). **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: Edição dos Autores, 2004a. p. 111-124.
- SCHUMACHER, M. V.; KÖNING, F. G.; KLEINPAUL, J. J. Quantificação de carbono orgânico na serapilheira, sub-bosque e solo em uma floresta de *Pinus elliottii* Engelm. aos 36 anos em Santa Maria, RS. In: SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R.; ZILLIOTTO, M. A. (Ed). **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisas**. Curitiba: Edição dos Autores, 2004b. p. 00125-132.
- SPURR, S. H.; BARNES, B. V. **Ecologia forestal**. México: 1986. 690 p.
- TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).
- VALERI, S. V. **Exportação de biomassa e nutrientes de povoamentos de *Pinus taeda* L., desbastados em diferentes idades**. 1988. 164 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.
- WATZLAWICK, L. F. **Estimativa de biomassa e carbono em Floresta Ombrófila Mista e plantações florestais a partir de dados de imagens do satélite IKONOS II**. 2003. 120 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- WATZLAWICK, L. F. et al. Fixação de carbono em floresta ombrófila mista em diferentes estágios de regeneração. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba: 2002. p. 153-173.