

Aproveitamento de Biomassa Pós-Colheita Florestal de *Pinus elliottii* var. *elliottii*

Clóvis Ribas*, Fred Willians Calonego, Paulo Torres Fenner*** e
Ananias de Almeida Saraiva Pontinha****

*Eng^o Agrônomo, Mestre

**Eng^o Florestal, Mestre

***Professor Adjunto

Universidade Estadual Paulista. Departamento de Recursos Naturais - Ciências
Florestais. Fazenda Experimental Lageado s/n, Caixa Postal 237, CEP. 18603-970,
Botucatu-SP, BRASIL

Sumário. Este trabalho teve como objectivo quantificar a biomassa no solo antes e após a colheita e o aproveitamento dos resíduos florestais de *Pinus elliottii* no estado de São Paulo, Brasil. Antes do corte raso das árvores colheu-se, aleatoriamente, 15 amostras de 1m² da biomassa presente no solo e este material foi separado em três classes de diâmetros ($\leq 0,70$; 0,71-2,50 e 2,51-7,60 cm). O material de cada classe foi pesado e seco a 75°C, para a determinação dos pesos secos por hectare. Este procedimento foi repetido após a colheita das toras e galhadas. Os resultados mostraram que o sistema de colheita promoveu: (1) um aumento de 122,286 para 278,460kg/ha, da serapilheira sobre o solo; (2) nos materiais com diâmetros $\leq 0,70$ cm um aumento de 70,38% para 79,63% na composição da serapilheira; (3) nos materiais pertencentes à classe 0,71-2,50 cm um aumento de 9,75% para 16,25%; e (4) nos materiais da classe 2,51-7,60 cm uma redução de 19,83% para 4,13% do total da biomassa.

Palavras-chave: serapilheira; colheita de galhada; *Pinus elliottii*

Utilization of Biomass of Forest Post Harvest of *Pinus elliottii* var. *elliottii*

Abstract. This research aimed to quantify the soil biomass before and after the harvest and the utilization of *Pinus elliottii* forest residues in São Paulo, Brazil. Before cutting down the trees 15 samples with 1m² each of biomass above the soil were collected at random and this material was divided in three classes of diameter (≤ 0.70 ; 0.71-2.50 and 2.51-7.60 cm). The material of each class was weighted and dried at 75°C for the determination of dry weight by hectare. This procedure was also executed after the logs and crowns harvest. The results showed that harvest system caused an: (1) increase from 122.286 kg/ha to 278.460 kg/ha of biomass over soil; (2) increase from 70.38% to 79.63% on the biomass total for class with diameter ≤ 0.70 cm; (3) increased from 9.79% to 16.25% on the biomass total for class with diameter of 0.71-2.50 cm; and (4) those found for the class 2.51-7.60 cm, decreased from 19.83% to 4.43% on total biomass.

Key words: litter; crowns mechanical harvest; *Pinus elliottii*

Mise en Valeur de la Biomasse après Cueillette Forestière de *Pinus elliottii* var. *elliottii*

Résumé. Ce travail a eu pour objectif de quantifier la biomasse présente sur le sol avant et après une cueillette ainsi que la mise en valeur des résidus forestiers de *Pinus elliottii* en São Paulo, Brésil. Avant la coupe rase des arbres, ont été collectés aléatoirement 15 échantillons de 1 m² d'une biomasse présente sur le sol, et ce matériel fut séparé en trois classes de diamètres (≤ 0.70 ; 0.71-2.50 e 2.51-7,60 cm). Le matériel de chaque classe fut pesé et séché à 75°C pour la détermination des poids secs par hectare. Cette procédure fut répétée après la cueillette des tores et des branchages. Les résultats montrèrent que le système de collecte a permis: (1) une augmentation de 122.286 à 278.460 kg/ha du couvert sur le sol, (2) sur les matériaux d'un diamètre de ≤ 0.70 cm, une augmentation de 70.38% à 79.63% dans la composition du couvert; (3) sur les matériaux appartenant à la classe 0.71-2.50 cm, une augmentation de 9.75% à 16.25%; et (4) sur les matériaux de classe 2.51-7.60 cm une réduction de 19.83% à 4.13% du total de la biomasse.

Mots clés: couvert végétal; litière; cueillette de branchage; *Pinus elliottii*

Introdução

A alta do preço do barril de petróleo no mercado internacional, as limitações e os custos da energia hidroeléctrica e as pressões sócio-ambientais para a adopção de fontes de energias alternativas deram à biomassa um papel de destaque no suprimento de parte da demanda energética.

Segundo HAYGREEN e BOWYER (1996), com a crise do petróleo na década de 1970, a biomassa de madeira foi de vital importância para o fornecimento de energia para as indústrias florestais. Nos últimos tempos, este aproveitamento voltou a suscitar um grande interesse devido à problemática das mudanças climáticas globais, cuja origem parece estar vinculada ao sistema energético actual (SANZ INFANTE e PIÑEIRO VEIRAS, 2003).

A biomassa que se encontra depositada na superfície florestal é também caracterizada como combustível florestal (LORO e HIRAMATSU, 2004) e apesar de ser uma prática silvicultural tradicional, a queima destes resíduos implica em perda de qualidade dos sítios e gera problemas ambientais (WARD e

HARDY, 1991).

Em alguns estados, como por exemplo, em São Paulo é vetado o emprego do fogo para a queima pura e simples de material lenhoso, quando seu aproveitamento for economicamente viável e mesmo que concedida à autorização da queima controlada, esta pode ser suspensa ou cancelada nos casos de: (1) risco de vida ou danos ao meio ambiente por alterações das condições ambientais ou meteorológicas; (2) interesse e segurança pública; e (3) descumprimento das normas vigentes (lei estadual nº 10.547 SÃO PAULO, 2000).

Assim, a implementação de sistemas de aproveitamento dos resíduos florestais como fonte de energia pode reduzir a necessidade da queima controlada do material combustível e também se apresenta como solução para diminuir o potencial de danos pelos incêndios (SOARES, 1985, 1995; RIBEIRO e SOARES, 1998).

Segundo BAGGIO e CARPANEZZI (1995) o conhecimento da quantidade e da qualidade dos resíduos florestais permite avaliar o seu potencial de aproveitamento. SOARES (1985, 1995) afirma que a quantidade de biomassa em

uma floresta pode variar de centenas de quilos a dezenas de toneladas por hectare, dependendo entre outros do tipo, do espaçamento e da idade da vegetação.

Quando SOUZA *et al.* (2003) quantificaram a biomassa presente acima do solo em povoamentos de diferentes idades de *Pinus taeda*, no município de Três Barras, SC, Brasil, verificaram que houve um incremento da massa deste material com a idade dos indivíduos e que após o décimo sétimo ano o processo de deposição de material continuava sobrepondo-se ao da decomposição da serapilheira. Os plantios de 17 anos apresentavam, respectivamente, 19,20; 2,05 e 0,44 t/ha de serapilheira nas classes $\leq 0,70$; de 7,10 a 2,50 e de 2,51 a 7,60 cm de diâmetro.

BALBOA *et al.* (2003) quantificaram a biomassa presente em povoamentos de *Pinus pinaster* com 40 anos de idade plantados nas províncias de Lugo e Pontevedra na Espanha, recém derrubado, e concluíram que as acículas, os galhos menores que 0,5 cm, os galhos com diâmetros entre 0,5 e 2,0 cm, os galhos de 2,0 a 7,0 cm e os toretes maiores que 7,0 cm, apresentaram, respectivamente, 16,5 t/ha; 2,8 t/ha; 13,4 t/ha; 33,4 t/ha; 251,0 t/ha do peso total médio (317,2 t/ha) da biomassa presente no solo logo após a derrubada das árvores.

BALBINOT *et al.* (2003) verificaram que a biomassa seca dos componentes das árvores de *Pinus taeda* com 5 anos de idade, em Cambará do Sul, RS, Brasil, apresentou-se na ordem de 6,9; 5,2; 2,7; 18,4 e 8,3 t/ha respectivamente para as acículas, os galhos, a casca, a madeira e as raízes, já a serapilheira sobre o solo apresentava-se na ordem de 17,4 t/ha. Em estudo semelhante, FREITAS *et al.*

(2004) concluíram que a biomassa seca de folhas, galhos mortos e vivos, casca e madeira de *Eucalyptus grandis* com nove anos de idade, plantados em Alegrete, RS, Brasil, correspondia a 2,42; 7,68; 0,71; 11,10 e 120,39 t/ha, respectivamente. Os mesmos autores verificaram que a serapilheira era equivalente a 5,4 t/ha.

SANZ INFANTE e PIÑEIRO VEIRAS (2003) verificaram que a quantidade de biomassa presente no solo após a colheita da madeira de *Eucalyptus globulus* e de *Pinus pinaster*, nas províncias de A Coruña e Pontevedra e Lugo e Pontevedra na Espanha, apresentaram-se, respectivamente, na ordem de 39 e 41 t/ha. Segundo os autores, entre 50 e 60% desta biomassa pode ser aproveitada como fonte energética.

BAGGIO e CARPANEZZI (1995) quantificaram os resíduos pós-colheita de *Mimosa scabrella* Benth, na região metropolitana de Curitiba, PR, Brasil, logo após a exploração por corte raso e concluíram que 9,8, 15,1 e 15,9 t/ha respectivamente de lenha (material acima de 3,0 cm), de galhos e de serapilheira poderiam ser aproveitados como fonte de energia.

Em estudo semelhante, ROSA *et al.* (2004) quantificaram a serapilheira presente no sub-bosque de um povoamento de *Platanus acerifolia*, com 4,5 anos de idade plantado em Santa Maria, RS, Brasil, e concluíram que 85% (8,42 t/ha) e 15% (1,52 t/ha), respectivamente de material com diâmetro $\leq 0,70$ cm e entre 0,71 e 2,50 cm compunham o total de biomassa presente no solo.

Entretanto, LORO e HIRAMATSU (2004), no estudo sobre o inventário de biomassa presente no solo de um povoamento de *Pinus elliottii* com 21 anos de idade, na região de Curitiba, PR,

Brasil, concluíram que as acículas representaram 84% (152,94 Kg/ha) do peso total médio do material e que a classe composta por acículas e galhos com diâmetros $\leq 0,70$ cm; e os materiais com 0,71 a 2,50 cm e com 2,51 a 7,60 cm apresentavam, respectivamente, 158,48; 12,69 e 9,97 Kg/ha.

SANZ INFANTE e PIÑEIRO VEIRAS (2003) afirmam que a maior limitação da manipulação da biomassa florestal é a sua baixa densidade aparente, que dificulta e encarece o transporte e BAGGIO e CARPANEZZI (1995) afirmam que a eficiência na retirada da fracção menor ou da fracção maior dos resíduos de biomassa depende do sistema de colheita e da natureza da mão-de-obra empregada.

O objectivo do presente estudo foi quantificar a biomassa sobre o solo antes e após a colheita e ao aproveitamento dos resíduos florestais de *Pinus elliottii*.

Material e métodos

Este estudo foi realizado em um povoamento de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* com 1,80 ha, localizado na Floresta Estadual de Piraju (coordenadas geográficas 23°05' de latitude sul e 49°22' de longitude oeste) pertencente ao Instituto Florestal de São Paulo.

O povoamento florestal, implantado em solo do tipo Latosol Roxo, foi plantado no ano de 1962 com um espaçamento inicial de 1,5 x 1,5 m e densidade populacional de 4444 indivíduos/ha. A área foi manejada através de desbastes selectivos nos anos de 1973, 1977, 1980 e 1986 com a retirada de 2222, 1111, 445 e 233 indivíduos/ha, respectivamente. A partir de 1986, as árvores remanescentes (433 árvores/ha) passaram a serem resinadas até o momento do corte raso. Em 2005 o povoamento de 43 anos de idade e 780 árvores possuía as características dendrométricas visualizadas no Quadro 1.

Foi realizado corte raso empregando o sistema de colheita semimecanizado com a derrubada, o desgalhe e o traçamento feitos com motosserra. Posteriormente, os toretes menores foram empilhados e os galhos amontoados com machado.

Na extracção da madeira foram empregados tractores agrícolas equipados com guias hidráulicas, que realizaram o enleiramento das toras no interior do talhão. Posteriormente, esta madeira foi transportada até a beira da estrada florestal, com o emprego de tractores agrícolas equipados com carretas e guias hidráulicas.

Quadro 1 - Características dendrométricas do povoamento de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* antes da colheita

	DAP (cm)	Altura Total (m)	Altura de Copa (m)
Média	31,80	26,54	6,59
Mínimo	20,05	17,40	1,20
Máximo	44,24	29,80	14,90
Desvio padrão	5,42	1,72	2,13
Coeficiente Variação (%)	17,05	6,48	32,38

Observação: Dados obtidos pela medição de todos os indivíduos

O aproveitamento da galhada ou resíduo da colheita após a extracção da madeira, foi realizada com o emprego de tractores agrícolas equipados com grua hidráulica e carretas que efectuaram o transporte deste material até o picador de resíduos, que ficava estacionado na margem da estrada que circundava o talhão.

A biomassa presente sobre o solo da área experimental foi quantificada antes e após a colheita da madeira e o aproveitamento da galhada. Neste estudo, biomassa refere-se a serapilheira presente sobre o solo antes da colheita florestal e aos resíduos da exploração após a colheita.

Para determinar a biomassa foram alocadas, aleatoriamente, na área estudada, 15 parcelas de 1,0 x 1,0m, antes da derrubada e o mesmo número de parcelas após o aproveitamento do resíduo da colheita. Após a instalação de cada parcela, toda a biomassa que se encontrava em seu interior era retirada, cortando-se os galhos de maiores diâmetros com motosserra e os de menores dimensões com facão.

Todo o material orgânico proveniente das parcelas de 1m² era separado e pesado segundo as seguintes classes:

- (1) Material com diâmetro $\leq 0,70$ cm: serapilheira (acículas, galhos finos, etc.);
- (2) Material com diâmetro entre 0,71 e 2,50 cm: galhos finos;
- (3) Material com diâmetro entre 2,51 e 7,60 cm: galhos e lenha residual.

A separação do material lenhoso se fez com o auxílio do classificador de biomassa, cujo esquema pode ser visualizado na Figura 1.

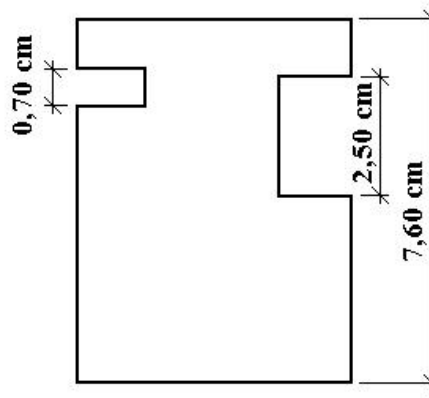


Figura 1 - Gabarito para classificação da biomassa nas diferentes classes de diâmetros

Todo o material pertencente à sua respectiva classe de diâmetro foi pesado em balança de precisão de 0,1 g e com capacidade máxima de 8,0 Kg e concomitantemente retirou-se e determinou-se o peso húmido de uma pequena amostra de cada classe. Este conteúdo foi acondicionado em sacos de papel, identificados e posteriormente introduzidos em uma estufa eléctrica pré-regulada à 75°C de temperatura, até atingirem o peso constante, denominado de peso seco da amostra. Com o peso da amostra de cada classe diamétrica fez-se a conversão para a parcela de 1m² e finalmente determinou-se o peso seco/ hectare. O número de parcelas amostrais foi determinado em função do teste estatístico simples (teste de N) aplicando-se as equações (1) e (2).

$$N = (t^2 * S^2) / E^2 \quad (1)$$

Onde:

N - número de repetições;

t - teste "t" de "Student", tabelado;

S² - variância amostral.

Sendo:

$$E^2 = (0,1 * x)^2 \quad (2)$$

Onde:

x - média dos valores amostrados.

Para a comparação entre a quantidade de biomassa presente na área experimental, antes e após a colheita da madeira e aproveitamento da galhada, adoptou-se o método de análise paramétrica (ANOVA), com tratamentos no esquema factorial levando-se em consideração a colheita dos resíduos. Foi realizada essa análise para as massas secas do material $\leq 0,70$ cm, de 0,71 a 2,50 cm, de 2,51 a 7,60 cm e para o total de biomassa.

Resultados e discussão

Através da quantificação da biomassa seca dos componentes das árvores presentes no povoamento de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii* com 43 anos de idade encontraram-se valores na ordem de 49,08 e 269,62 t/ha, respectivamente, para as copas e os fustes (madeira e casca), já a serapilheira sobre o solo apresentava valores na ordem de 0,122 t/ha.

Resultados semelhantes foram encontrados por BALBOA *et al.* (2003) ao quantificarem a biomassa presente em povoamentos de *Pinus pinaster* com 40 anos de idade plantados nas províncias de Lugo e Pontevedra na Espanha, recém derrubados, e concluíram que os fustes das árvores contribuíram com 251,0 t/ha do peso total médio (317,2 t/ha) da biomassa do povoamento.

Entretanto, o presente trabalho enfatiza o efeito da colheita semimecanizada da madeira e da galhada sobre a biomassa presente no solo. Assim, daqui a diante, o termo biomassa refere-se a serapilheira presente sobre o solo antes da colheita florestal e aos resíduos da

exploração após a colheita.

No Quadro 2, são apresentadas as massas secas estimadas por hectare, de cada classe de biomassa. Na Figura 2, a composição de cada fracção da biomassa apresenta-se melhor evidenciada.

Verifica-se que antes do corte raso dos indivíduos do povoamento florestal a biomassa total presente no solo era de 122,286 Kg/ha e que após a colheita da madeira e da galhada a biomassa residual total presente acima do solo era de 278,460 Kg/ha.

Os resultados são similares aos encontrados por LORO e HIRAMATSU (2004), que no estudo de inventario de biomassa em *Pinus elliottii* com 21 anos de idade concluíram que as acículas representaram 84% (152,94 Kg/ha) do peso total médio da serapilheira presente no solo e que a classe composta por acículas e galhos com diâmetros $\leq 0,70$ cm, os materiais com 0,71 e 2,50 e os com 2,51 e 7,60 apresentavam, respectivamente, 158,48, 12,69 e 9,97 Kg/ha.

Nota-se, através do Quadro 2 e Figura 2, que a retirada dos resíduos pós-colheita promoveu um aumento significativo de 127,7% da quantidade total de biomassa presente sobre o solo.

Entretanto, quando se verifica o efeito da colheita da galhada sobre a classificação dos resíduos percebe-se uma diminuição significativa da quantidade do material pertencente à classe de maiores diâmetros (2,51-7,60 cm) de 24,253 Kg/ha para 11,493 Kg/ha equivalente a 52,6% e um aumento significativo da quantidade do material pertencente às classes de menores diâmetros de 86,060 Kg/ha para 221,723 Kg/ha (equivalente à 157,6%) e de 11,973 Kg/ha para 45,244 Kg/ha (igual à 277,9%), respectivamente, para as classes $\leq 0,70$ cm e de 0,71 a 2,50 cm.

Quadro 2 - Massas secas e percentagem de biomassa presente no solo, antes e após a colheita das toras e galhadas de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii*

Classe (cm)	Antes		Depois		% de Redução ou (Aumento) de biomassa
	Kg/ha	%	Kg/ha	%	
< 0,70	86,060	70,38	221,723	79,62	(157,6) *
0,71 - 2,50	11,973	9,79	45,244	16,25	(277,9) *
2,51 - 7,60	24,253	19,83	11,493	4,13	52,6 *
Total	122,286	100,00	278,460	100,00	(127,7) *

Onde: *indica que há diferença significativa antes e depois da colheita ao nível de 95% de probabilidade pelo teste F

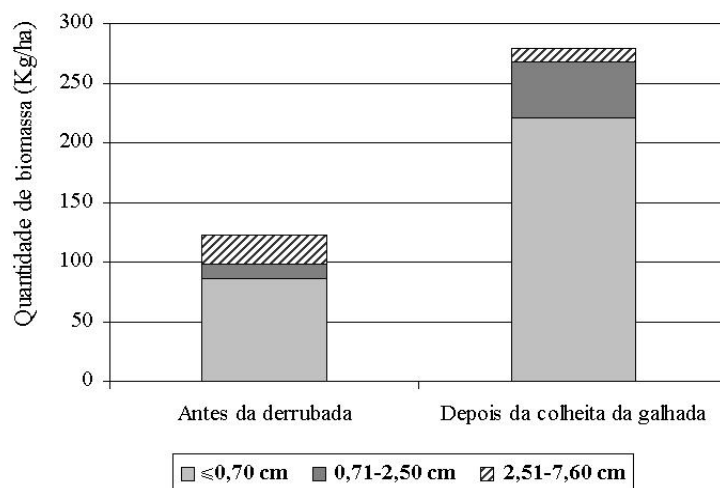


Figura 2 - Massas secas de cada classe de biomassa presente no solo, antes e após a colheita das toras e galhadas de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii*

Tal fato pode ser explicado pela utilização do sistema mecanizado de colheita dos resíduos, o qual favorece a colheita de material com maiores diâmetros e dificulta a retirada do material de menor dimensão. Explicação semelhante é apresentada por BAGGIO e CARPANEZZI (1995), os quais afirmam que a eficiência na retirada da fracção menor ou da fracção maior dos resíduos de biomassa depende do sistema de colheita e da natureza da mão-de-obra.

Como o sistema de extracção dos resíduos florestais promoveu maior

retirada, em peso seco por hectare, dos resíduos de maiores diâmetros e o inverso ocorreu com os resíduos de menores dimensões verifica-se que as percentagens representadas pelas classes $\leq 0,70$ cm e 0,71-2,50 cm da biomassa do solo, aumentaram, respectivamente, de 70,38 para 79,62% e de 9,79 para 16,25% com a exploração do povoamento florestal e que a percentagem da biomassa da classe 2,51-7,60 cm diminuiu de 19,83 para 4,13 %. Este fenómeno é melhor visualizado na Figura 3.

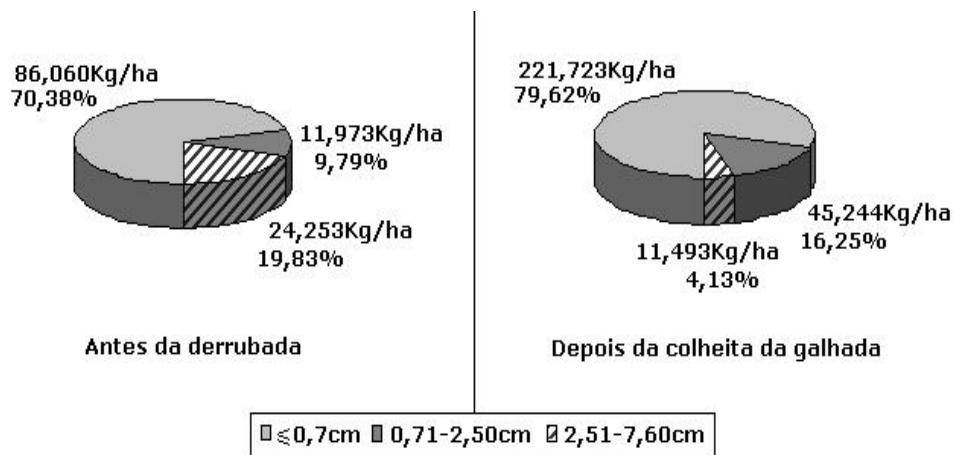


Figura 3 - Participação de cada classe no total da biomassa presente no solo, antes e após a colheita das toras e da galhada em *Pinus elliottii*

Conclusões

Através da quantificação da biomassa sobre o solo antes e após a colheita da madeira e o aproveitamento dos resíduos florestais de *Pinus elliottii*, conclui-se que:

- houve um aumento significativo de 122,286 Kg/ha para 278,460 Kg/ha da quantidade total da biomassa;
- houve melhor aproveitamento dos resíduos de maiores diâmetros e um acúmulo dos resíduos de menores dimensões.

Bibliografia

- BAGGIO, A.J., CARPANEZZI, A.A., 1995. Quantificação dos resíduos florestais em bracingais na região metropolitana de Curitiba, PR. *Boletim de Pesquisa Florestal* (30/31): 51-66.
- 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(1): 59-68.
- BALBOA, M., ALVAREZ, J.G., RODRIGUES-SOALLEIRO, R., MERINO, A., 2003. Aprovechamiento de la biomasa forestal producida por la cadena monte-industria. Parte 2: cuantificación y implicaciones ambientales. *Revista del Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera de Galicia* (10): 27-37.
- FREITAS, R., SCHUMACHER, M.V., CALDEIRA, M.V.W., SPATHELF, P., 2004. Biomassa e conteúdo de nutrientes em povoamento de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden plantado em solo sujeito à arenização, no município de Alegrete-RS. *Biomassa & Energia* 1(1): 93-104.
- HAYGREEN, J.G., BOWYER, J.L., 1996. *Forest products and wood science: an introduction*. Iowa State University Press/AMES, 484 pp.

- LORO, L.V., HIRAMATSU, N.A., 2004. Comportamento do fogo, em condições de laboratório, em combustíveis provenientes de um povoamento de *Pinus elliottii* L. *Floresta* **34**(2): 127-130.
- RIBEIRO, G.A., SOARES, R.V., 1998. Caracterização do material combustível superficial e efeitos da queima controlada sobre sua redução em um povoamento de *Eucalyptus viminalis*. *Cerne* **4**(1): 57-72.
- ROSA, L.S., SCHUMACHER, M.V., HOELSCHER, F., ALFLEN, J.T., PEREIRA, L.V., NOYA, M.G., 2004. Quantificação de material combustível no sub-bosque de um povoamento de *Platanus acerifolia*. *Floresta* **34**(2): 205-209.
- SÃO PAULO (Estado), 2000. Lei Estadual nº 10.547, de 02 de maio de 2000. Define procedimentos, proibições, estabelece regras de execução e medidas de precaução a serem obedecidas quando do emprego do fogo em práticas agrícolas, pastoris e florestais, e dá outras providências correlatas. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, Seção 1, pp.01-02.
- SANZ INFANTE, F., PIÑEIRO VEIGAS, G., 2003. Aprovechamiento de la biomasa forestal producida por la cadena monte-industria. Parte 1: situación actual y evaluación de sistemas de tratamiento. *Revista del Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera de Galicia* (10): 6-25.
- SOARES, R.V., 1985. *Incêndios florestais: controle e uso do fogo*. Curitiba, FUPEF, 213 pp.
- SOARES, R.V., 1995. Queimas controladas: prós e contras. In: *Fórum Nacional Sobre Incêndios Florestais*, 1995, IPEF/FUPEF/SIF, pp. 6-10.
- SOUZA, L.J.B., SOARES, R.V., BATISTA, A.C., 2003. Modelagem de material combustível em plantações de *Pinus taeda* no norte de Santa Catarina. *Floresta* **33**(2): 157-168.
- WARD, D.E., HARDY, C.C., 1991. Smoke emissions from wildland fires. *Environment International* (17):18.

Entregue para publicação em Abril de 2007

Aceite para publicação em Janeiro de 2008