



IPEF: FILOSOFIA DE TRABALHO DE UMA ELITE DE EMPRESAS FLORESTAIS BRASILEIRAS

ISSN 0100-3453

CIRCULAR TÉCNICA Nº 62

AGOSTO/79

PBP/3.1.8

## **AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS DE EXPLORAÇÃO FLORESTAL DO EUCALIPTO PARA FINS ENERGÉTICOS**

José Otávio Brito\*  
Luiz E. G. Barrichelo\*  
Hilton Thadeu Z. do Couto\*\*  
Edsion C. M. Fazzio\*\*  
Lenine Corradini\*\*  
Marco A. Carrara\*\*  
Antonio José Migliorini\*\*\*

### **I. INTRODUÇÃO**

A atual crise energética tem despertado o interesse de técnicos e pesquisadores, no sentido da utilização mais intensiva da madeira como combustível. Entre as diversas alternativas, duas têm merecido maior destaque: implantação de florestas específicas para fins energéticos (plantação fitoenergética) e utilização de resíduos da exploração florestal e do processamento mecânico da madeira. Fundamentalmente, ambas visam substituir o óleo combustível para a geração de vapor industrial.

Este trabalho apresenta os resultados preliminares do Programa de Resíduos Florestais em desenvolvimento pelo Setor de Química, Celulose e Energia do Departamento de Silvicultura da ESALQ/USP. Trata-se de uma primeira aproximação dos

---

\* Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Departamento de Silvicultura.

\*\* Guataparé Florestal S/A.

\*\*\* IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

estudos, em escala de campo e de laboratório, para o uso de resíduos da exploração florestal de plantações de *Eucalyptus saligna* pela indústria de celulose e papel.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. Amostragem

O material foi obtido de uma parcela com 100 árvores, em povoamento de *Eucalyptus saligna*, com 8 anos de idade, implantando na região de Ribeirão Preto-SP., no espaçamento de 3 x 2 m. Para a obtenção dos resíduos, a parcela foi explorada conforme esquema convencional para o abastecimento da indústria de celulose e papel. Considerando-se, portanto, fuste comercializável até o diâmetro mínimo de 6,0 cm, seccionando as árvores em toros de 2,0 m de comprimento, os quais foram descascados e empilhados.

### 2.2. Obtenção e processamento dos resíduos

A partir das 100 árvores foram obtidos e processados diferentes lotes de materiais, a saber:

Lote 1: casca obtida de 25 árvores e picadas após a derrubada.

lote 2: casca obtida de 25 árvores e picadas após uma permanência, de 15 dias no campo.

lote 3: copa e madeira fina obtida de 25 árvores e picadas após a derrubada.

lote 4: copa e madeira fina obtida de 25 árvores e picadas após 15 dias de permanência no campo.

lote 5: casca, copa e madeira fina obtidas de 25 árvores e picadas após a derrubada.

lote 6: casca, copa e madeira fina obtidas de 25 árvores e picadas após 15 dias de permanência no campo.

### 2.3. Picagem

A picagem dos resíduos foi realizada em picador de facas, acoplado à tomada de força de um trator Massey-Fergusson 65-X, na primeira fase, e um trator 95-X, na segunda fase.

### 2.4. Armazenamento dos resíduos picados

O material resultante da picagem foi armazenado em abrigo com circulação natural de ar. Para cada lote, foram armazenadas quantidades equivalentes em volume.

### 2.5. Ensaaios

Os seguintes ensaios foram realizados:

- a) peso e volume da madeira roliça e resíduos picados;
- b) densidade básica da madeira e densidade aparente dos resíduos;
- c) teor de umidade da madeira roliça e dos resíduos picados;
- d) curva de secagem dos resíduos durante 1 mês de armazenagem na forma picada; e,
- e) estimativa do potencial energético dos materiais.

### 3. RESULTADOS

A tabela 1 fornece os resultados encontrados para a madeira das 50 árvores abatidas, por fase. A primeira fase se refere ao material obtido após a derrubada, e a segunda fase ao material obtido após 15 dias de permanência no campo.

Tabela 1. Características da madeira obtida de 50 árvores em cada fase.

Características	1ª fase	2ª fase
Volume de madeira descascada (estéreos)	6,69	6,61
Fator de forma (adotado)	0,7	0,7
Volume de madeira descascada (m <sup>3</sup> )	4,68	4,63
Teor de umidade (%)	52,2	45,0
Densidade básica (t/m <sup>3</sup> )	0,510	0,510
Peso seco da madeira recém-cortada (t)	2,388	2,360

Os resultados para peso e volume da madeira e resíduos são mostrados na tabela 2.

Tabela 2. Pesos e volumes totais de madeira roliça e resíduos picados de 25 árvores.

Material	1ª fase			2ª fase			Média		
	P.U.	P.S.	V	P.U.	P.S.	V	P.U.	P.S.	V
Madeira	1817,3	1194,0	2,34	1796,0	1180,0	2,31	1806,6	1187,0	2,32
Casca	281,6	185,9	1,00	214,5	111,0	1,12	248,0	148,5	1,06
Copa e madeira fina	746,6	395,7	2,65	371,2	275,4	2,62	558,9	335,6	2,64
Copa, madeira fina e casca	1131,0	644,7	4,35	881,2	605,4	5,70	1006,1	625,0	5,02

P.U. = peso úmido (kg)

P.S. = peso seco (kg)

V = volume (m<sup>3</sup>)

A tabela 3 fornece os resultados da densidade aparente dos resíduos picados.

Tabela 3. Densidade aparente dos resíduos picados.

Material	Densidade aparente (t/m <sup>3</sup> )
Casca	0,14
Copa e madeira fina	0,12
Copa, madeira fina e casca	0,12

$$* \text{ Densidade aparente} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Volume úmido a granel}}$$

Os resultados anteriores permitiram o cálculo dos percentuais relativos da madeira e resíduos picados, conforme apresentado na tabela 4.

Tabela 4. Percentuais gravimétricos para madeira e para resíduos picados.

Material	% gravimétrico
Madeira comercial	71,0
Casca	9,0
Copa e madeira fina	20,0

A tabela 5 fornece os teores de umidade dos resíduos desde a picagem até o final de 1 mês de armazenagem.

Tabela 5. Percentuais de umidade dos resíduos desde a picagem até o final de 1 mês de armazenagem.

Tempo de armazenagem (dias)	% Umidade					
	1ª fase			2ª fase		
	Casca	Copa e mad. fina	Copa, mad. fina e casca	Casca	Copa e mad. fina	Copa, mad. fina e casca
0	66,0	53,0	57,0	48,0	26,0	31,0
7	58,9	45,8	48,8	32,0	16,6	25,6
14	54,2	38,7	45,7	23,8	13,5	21,6
21	51,1	38,3	41,3	*	*	*
28	48,4	35,6	37,5	*	*	*

\* Valores não determinados

As estimativas de peso seco e volume de madeira roliça e de resíduos picados, por hectare, são mostrados na tabela 6.

Tabela 6. Estimativas de peso seco e volume de madeira roliça e de resíduos picados por hectare.

Material	PS/ha*	V/ha
Madeira	63.317,5	124,00
Casca	7.998,0	58,65
Copa e mad. fina	17.962,2	143,96
Copa, mad. fina e casca	33.325,0	217,93

- Considerando-se para fins de cálculos, percentagem de falhas igual a 20%.

PS = peso seco médio (kg)

V = volume médio (m<sup>3</sup>)

A tabela 7 fornece as estimativas calculadas do potencial energético de cada material estudado e a tabela 8, as quantidades equivalente em óleo combustível e carvão-vapor médio.

Tabela 7. Estimativa do potencial energético, com base na quantidade de resíduos.

Material	Energia (kcal)*/ha
Madeira	189,9 x 10 <sup>6</sup>
Casca	25,6 x 10 <sup>6</sup>
Copa e madeira fina	62,5 x 10 <sup>6</sup>
Copa, madeira fina e casca	113,3 x 10 <sup>6</sup>

\* Com base nos seguintes poderes caloríficos estimados para materiais contendo de 25 a 30% de umidade

- madeira – 3.000 kcal/kg
- casca – 3.200 kcal/kg
- copa e madeira fina – 3.500 kcal/kg
- copa, madeira fina e casca – 3.400 kcal/kg

Tabela 8. Estimativa do potencial energético, em tonelada equivalente de óleo combustível e carvão vapor médio.

Material	Tonelada equivalente de	
	Óleo combustível*/ha	Carvão vapor médio**/ha
Madeira	18,08	46,54
Casca	2,44	6,27
Copa e mad. fina	5,95	15,31
Copa, mad. fina e casca	10,79	27,76

\* Poder calorífico = 10.500 kcal/kg

\*\* Poder calorífico = 4.080 kcal/kg

#### 4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Com relação à quantidade de resíduo obtido após a picagem, pode-se observar uma predominância maior de copa e madeira fina sobre a casca. Outro fato importante é que a quantidade de resíduos obtida da picagem conjunta da copa, madeira fina e casca sempre foi superior à somatória das quantidades de copa, madeira fina e casca, quando estas foram picadas separadamente. A explicação para este fato pode ser dada devido a eventuais perdas de material por ocasião da picagem. A casca e a copa e madeira fina picadas em separado estariam sujeitas a maiores perdas do que quando picadas conjuntamente. Em termos percentuais, a casca representou 5,2% e a copa e madeira fina 11,9% do peso total da parte aérea da árvore.

A densidade aparente dos resíduos a granel, mostrou-se semelhante para material picado a partir da copa e madeira fina e a partir da copa, madeira fina e casca. Com esperado, a densidade aparente dos resíduos obtidos da casca mostrou-se superior às demais.

Com relação à umidade, observam-se tanto na 1ª como na 2ª fase, teores superiores para casca. Tal fato foi observado tanto no início como no final da armazenagem do material picado. De um modo geral, a copa e a madeira fina apresentaram menores teores de umidade que a casca.

Ficou caracterizado que a permanência do material em processo de secagem no campo, antes da picagem, foi uma condição para que os resíduos atingissem teores de umidade mais baixo.

Comparando-se os valores energéticos da madeira e dos resíduos com os do óleo combustível e do “carvão vapor médio”, 1 hectare de floresta de *Eucalyptus saligna*, com 8 anos de idade, pode representar: em termos de madeira, o equivalente a 18,0 toneladas de óleo combustível e 46,5 toneladas de carvão vapor médio; em termos de casca, o equivalente a 2,4 toneladas de óleo combustível e 6,3 toneladas de carvão vapor médio; em termos de copa e madeira fina, o equivalente a 5,9 toneladas de óleo combustível e 15,3 toneladas de carvão vapor médio.

Esta publicação é editada pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, convênio Departamento de Silvicultura da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo.

Periodicidade – irregular

Permuta com publicações florestais

Endereço

IPEF – Biblioteca  
ESALQ-USP  
Caixa Postal, 9  
Fone: 33-2080  
13.400 – Piracicaba – SP  
Brasil

Comissão Editorial da publicação do IPEF:

MARIALICE METZKER POGGIANI – Bibliotecária  
WALTER SALES JACOB  
COMISSÃO DE PESQUISA DO DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA –  
ESALQ-USP  
DR. HILTON THADEU ZARATE DO COUTO  
DR. JOÃO WALTER SIMÕES  
DR. MÁRIO FERREIRA

Diretoria do IPEF:

Diretor Científico – JOÃO WALTER SIMÕES  
Diretor Técnico – HELLÁDIO DO AMARAL MELLO  
Diretor Administrativo – NELSO BARBOZA LEITE

Responsável por Divulgação e Integração – IPEF

José Elidney Pinto Junior