

## INFLUÊNCIA DO TEMPO DE ESTOCAGEM DE LENHA DE BRACATINGA NA PRODUÇÃO DE ENERGIA

José Alfredo Sturion\*  
Ivan Tomaselli\*\*

### RESUMO

Madeira de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) de povoamento com aproximadamente 8 anos de idade foi cortada em toretes de 1 m de comprimento. Pilhas com 3 m x 2 m x 1 m foram formadas e deixadas para secar durante 4 meses em duas condições: sem proteção (ar livre) e em barracão. Nas duas condições, por amostragem, determinou-se a perda d'água e o poder calorífico da madeira. Os resultados, similares nas duas condições de teste, indicaram acentuada perda de umidade e um ganho expressivo no poder calorífico durante o período de secagem. A umidade inicial média do material situava-se em torno de 110%, sendo reduzida para 43%, no caso de secagem ao ar livre e 36% para secagem em barracão. Com estas reduções no teor de umidade, detectou-se um acréscimo de aproximadamente 130% no poder calorífico em relação a situação original. Como resultado deste ganho, em termos de poder calorífico, a área de corte, no caso de lenha, pode ser significativamente reduzida, o que representa uma grande contribuição na preservação das florestas. Além disto, a secagem da lenha reduz os custos de corte e de transporte, já que menores volumes serão necessários para gerar a mesma quantidade de energia.

PALAVRAS-CHAVE: *Mimosa scabrella*, bracatinga, teor de umidade, poder calorífico, lenha, secagem.

### THE INFLUENCE OF THE STORAGE TIME FOR BRACATINGA FIREWOOD FOR ENERGY PRODUCTION

#### ABSTRACT

Trees from a 8 years old plantation of bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) were cut into small logs (1 m long), commonly used for fuel wood. These logs were staked and left to dry for 4 months in two conditions: under a shed and at a yard. Samples were removed during the drying period to determine the moisture loss and the calorific value of the wood. The results obtained showed that a large quantity of water was removed and substantial gains in terms of the calorific value can be obtained using both technics. The inicial moisture content was 110% and after 4 months of air drying it was reduced to 43% at the yard and to 36% when drying under the shed. Due to

---

\* Eng.-Florestal, M.Sc., CREA n° 47.263, Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

\*\* Eng.-Florestal, Prof. Dr., CREA n° 379.310-PR, UFPR - Departamento de Ciências Agrárias.

this reduction in moisture content the calorific value was increased by approximately 130%. As a result, when using bracatinga for fuel wood a significant reduction in the deforestation is obtained by using this simple technic. Besides the gains on preservation of forest resources, air drying of fuel wood also brings economic advantages: costs logging and transportation are significantly reduced. Due to the fact that less wood will be required to generate the same quantity of energy.

KEY-WORDS: Bracatinga, *Mimosa scabrella*, moisture content, firewood, energy contents, drying period.

## 1. INTRODUÇÃO

A bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), é uma espécie heliófita, da família das leguminosas e ocorre naturalmente, no Brasil, desde a latitude de 23°50'S até 25°40'S e longitudes de 48°30'W até 53°50'W. Nesta área a altitude varia de 500 m a 1.500 m e predomina o tipo climático Cfb, segundo a classificação de Koeppen (ROTTA & OLIVEIRA 1981).

Essa espécie produz madeira moderadamente pesada (REITZ et al. 1978), adequada para lenha (REITZ et al. 1978; PAULA 1982; SILVA et al. 1982) ou como matéria-prima para a produção de álcool e carvão vegetal (PAULA 1982). Também pode ser utilizada como vigas na construção civil e para a produção de móveis e laminados (BRASIL. SUDESUL ... 1986).

Sua madeira quando tratada serve para moirões de cerca (MATTOS & MATTOS 1980). SIMÕES et al. (1978) recomendam o plantio da bracatinga para a recuperação e recomposição da cobertura vegetal de áreas degradadas, tanto pela rápida cobertura do solo, como pelo conteúdo de nutrientes nas folhas. Em pequenas propriedades do sul do Brasil é comum o seu plantio consorciado com milho e feijão, durante o primeiro ano (BAGGIO et al. 1986). Na Costa Rica, a bracatinga está sendo plantada a 1.300 m de altitude, entre plantas de café para a produção de lenha. Ela é utilizada também, como planta forrageira e melífera (EMPRESA... 1986).

Apesar das amplas possibilidades de utilização da bracatinga, no Brasil ela é explorada, principalmente, como lenha para queima direta e produção de carvão. Para essas duas finalidades, o teor de umidade da madeira constitui-se numa das mais importantes propriedades, afetando o seu poder calorífico (BRITO & BARRICHELO 1982; FARINHAQUE 1981; JUVILLAR 1979), a produtividade e a qualidade do carvão produzido (VALENTE 1986). Assim, o presente trabalho, tem por objetivo avaliar os ganhos de energia que são possíveis de serem obtidos com a estocagem da lenha de bracatinga ao ar livre e em barracão, em virtude da consequente perda de umidade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado neste estudo é proveniente de bracatingal implantado em fevereiro de 1981, na base física do CNPFlorestas/EMBRAPA, município de Colombo-PR, localizado na latitude de 25°20'S e longitude de 49°14'W e a uma altitude de 920 m.

O clima da região é classificado segundo Koeppen, como do tipo Cfb, sempre úmido, clima pluvial quente temperado, com a temperatura média do mês mais

quente inferior a 22°C e a do mês mais frio, superior a 10°C, e mais de cinco geadas por ano.

O espaçamento de plantio foi de 1,5 m x 1,0 m e a área total de 3 hectares. Entretanto, por ocasião do corte, efetuado em outubro de 1988, a densidade populacional era, em média, de 5.000 árvores por hectare.

Para este estudo foram abatidas cinco árvores ao acaso, sendo medido os seus respectivos diâmetros à altura do peito (DAP) e a altura comercial considerada até o diâmetro mínimo de 4 cm com casca. O volume comercial sem casca dessas árvores foi estimado segundo AHRENS (1986). Adicionalmente, foram coletados discos com 3,0 cm de espessura no DAP e a 0; 25; 50; 75 e 100% da altura comercial. De cada disco, foram retiradas quatro cunhas com ângulo interno de 30°, para as análises de laboratório. Duas delas, opostas, foram utilizadas para as determinações da massa específica básica (peso seco/volume saturado), desenvolvidas pelo método da balança hidrostática (NORMA ABCP M 14/70), enquanto as demais cunhas excluindo-se aquelas relativas ao DAP, foram utilizadas para formar duas amostras compostas por árvore. Uma dessas amostras compostas foi utilizada para a determinação do teor de umidade da madeira em estufa a 103±2°C, até peso constante.

A massa específica básica dos discos foi calculada através da média aritmética dos valores obtidos para as respectivas cunhas. A massa específica básica média da árvore foi calculada através da média ponderada dos resultados obtidos para as diferentes posições, a exceção do DAP, tomando-se como fator de ponderação o quadrado dos respectivos diâmetros de acordo com FERREIRA (1968). O peso de matéria seca de cada árvore foi obtido a partir de seu respectivo volume e massa específica básica média.

As demais árvores, provenientes do corte de todo o povoamento, foram seccionadas em toretes de 1 m. Os toretes foram escolhidos ao acaso e empilhados com casca. Uma pilha, de 1 m de altura por 3 m de comprimento, foi colocada em um barracão com paredes laterais de alvenaria até dois terços de sua altura. Uma segunda pilha, com as mesmas dimensões da anterior, foi mantida ao ar livre. Mensalmente, de novembro de 1988 a fevereiro de 1989, foram retirados de cada pilha, nove toretes, sendo três de cada extremidade e três da parte mediana da pilha. Esses toretes foram retirados, em cada posição amostrada, da parte inferior, média e superior da pilha, evitando-se contudo aqueles em contato direto com o chão. Para a avaliação do teor de umidade foram obtidos discos com 3 cm de espessura na metade e a 15 cm da extremidade de menor diâmetro de cada torete. De cada disco foram retiradas quatro cunhas, para a determinação do teor de umidade através de estufa e duas para a determinação do poder calorífico superior. O poder calorífico inferior e estimativas de poder calorífico em função do teor de umidade da madeira foram calculados através da fórmula preconizada por DOAT (1977) citado por BRITO & BARRICHELO (1982), abaixo discriminada:

P.c. i. = P.c.s. - 600 x 9 H/100

onde: P.c.i. = poder calorífico inferior.

P.c.s. = poder calorífico superior.

H = porcentagem de hidrogênio no material (considerada em média = 6%).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O bracatingal estudado apresentava, por ocasião do corte, árvores com um DAP médio de 11,5 cm e uma altura média de 9,8 m para um diâmetro mínimo de 4 cm. A massa específica básica da madeira foi de 0,521 g/cm<sup>3</sup>. Estimou-se que este bracatingal produziu 131 toneladas de matéria seca por hectare desde sua implantação.

O poder calorífico superior determinado a partir de amostra de madeira seca em estufa foi de 4.414 Kcal/kg e o inferior, que deve ser utilizado para fins de cálculos práticos, 4.090 Kcal/kg, o que equivale a produção de 5,4 x 10<sup>8</sup> Kcal por hectare. Convém ressaltar que essa é a máxima produção de energia, baseada na madeira teoricamente isenta de água, condição esta não possível de ser alcançada através de secagem ao ar livre.

Na Tabela 1 apresenta-se o poder calorífico da madeira de bracatinga, determinado em bomba calorimétrica, para os vários teores de umidade obtidos em função do tempo de secagem de pilhas ao ar livre e em barracão.

Como pode ser observado, secando-se a madeira por quatro meses, tanto ao ar livre como no barracão, houve um aumento no poder calorífico inferior de 131% e 141%, respectivamente, em relação ao obtido para a madeira recém-cortada.

**TABELA 1. Poder calorífico da madeira de bracatinga em função de seu teor de umidade (base seca) e do tempo de secagem.**

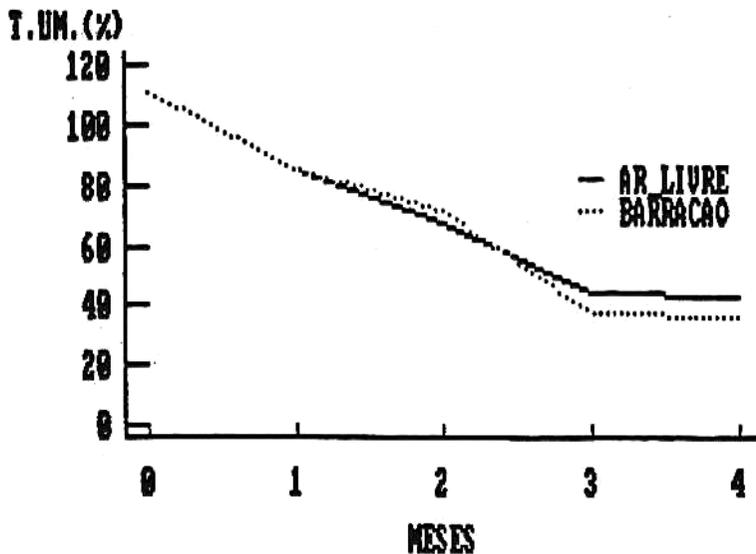
Local	Tempo Secagem (mês)	Teor de Umidade (%)	Poder calorífico (Kcal/kg)	
			Superior	Inferior
Ar livre	0	110,8	1.633	1.309
	1	84,5	1.827	1.503
	2	67,0	2.565	2.241
	3	45,1	3.078	2.754
	4	42,7	3.352	3.028
Barracão	0	110,8	1.633	1.309
	1	85,4	1.801	1.477
	2	71,7	2.621	2.297
	3	37,9	3.308	2.984
	4	36,1	3.481	3.157

**TABELA 2. Produção energética do bracatingal em função do poder calorífico inferior, tempo de secagem e do teor de umidade da madeira.**

Local	Tempo Secagem (mês)	Kcal/ha W	Eficiência Y (%)	Litros/ha Z	Kwh/ha
Ar livre	0	$1,7 \times 10^8$	31	16.838	$2,0 \times 10^5$
	1	$2,0 \times 10^8$	37	19.333	$2,3 \times 10^5$
	2	$2,9 \times 10^8$	54	28.826	$3,4 \times 10^5$
	3	$3,6 \times 10^8$	67	35.424	$4,2 \times 10^5$
	4	$4,0 \times 10^8$	74	38.949	$4,6 \times 10^5$
Barracão	0	$1,7 \times 10^8$	31	16.838	$2,0 \times 10^5$
	1	$1,9 \times 10^8$	35	18.396	$2,2 \times 10^5$
	2	$3,0 \times 10^8$	56	29.546	$3,5 \times 10^5$
	3	$3,9 \times 10^8$	72	38.383	$4,5 \times 10^5$
	4	$4,1 \times 10^8$	76	40.608	$4,8 \times 10^5$

Y = calculado em relação a madeira seca ( $5,4 \times 10^8$  Kcal/ha).  
 Z = equivalência em litros de óleo combustível BPF, tipo A.  
 W = calculado a partir do poder calorífico inferior.

Na Figura 1, observa-se que o teor de umidade da madeira de bracatinga decresceu quase que linearmente até o terceiro mês de secagem. Após este período, a taxa de secagem reduziu drasticamente, tanto para a pilha ao ar livre como para aquela no barracão. Aparentemente não existem diferenças significativas entre os dois métodos de secagem.

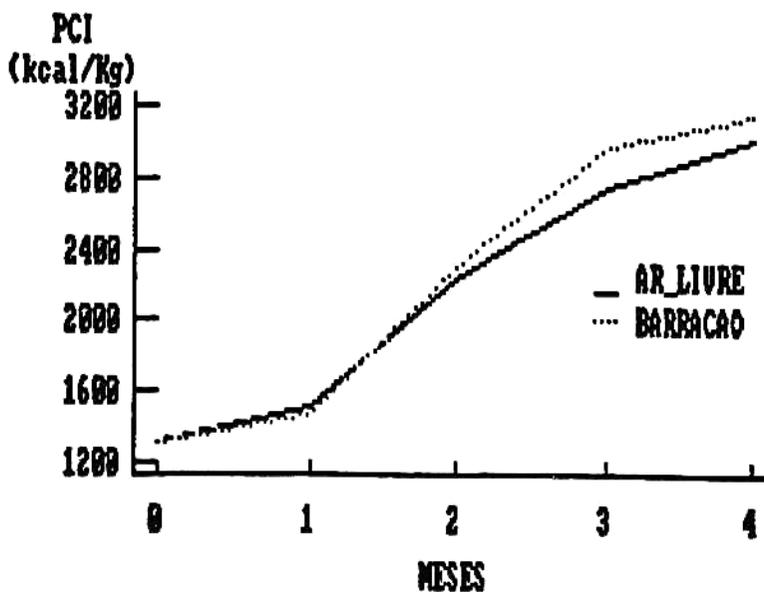


**Figura 1. Teor de umidade da madeira (base seca), em função do tempo de secagem.**

Segundo FERREIRA et al. (1983) as maiores taxas de secagem, para *E. saligna*, são verificadas na primeira semana após o corte, sendo que a umidade tende a valores constantes a partir da quarta semana. Evidentemente, a perda de umidade está na dependência das condições ambientais a que as pilhas ficaram sujeitas durante o período de secagem. Altos teores de umidade relativa podem prolongar o período de secagem. Esta situação verificou-se durante todo o período em que as pilhas de bracinga ficaram sob secagem, registrando-se, durante esse período, uma temperatura média de 22°C e uma umidade relativa média de 82%.

Destaca-se também, que os teores de umidade obtidos ao término do quarto mês de secagem ficou acima do intervalo de 20 a 30% (base seca), considerado por VALENTE (1986) como o ideal para fins de carvoejamento. Entretanto, a partir do quarto mês de secagem, observou-se nos toretes, início de apodrecimento na região da medula, o que desaconselharia a secagem dessa espécie por períodos superiores ao efetuado nesse trabalho.

Na Figura 2 observa-se que o poder calorífico aumenta acentuadamente com a diminuição do teor de umidade que ocorre ao longo do tempo de secagem. Embora a taxa de secagem seja mais acentuada no início do processo, os maiores ganhos em termos de energia ocorrem após três meses de secagem.



**Figura 2. Poder calorífico inferior da madeira de bracatinga em função do tempo de secagem.**

Extrapolando-se a produção de energia por hectare (Tabela 2), constata-se que a eficiência energética varia entre 33% para madeira recém-cortada a aproximadamente 75% para a madeira seca por um período de quatro meses, em relação a quantidade de energia produzida pela madeira seca em estufa, ou seja, teoricamente isenta de água.

Comparando-se a quantidade de Kcal produzida por hectare entre a madeira recém cortada e aquela seca por quatro meses, nas duas condições verifica-se que houve um aumento, respectivo, de 135% e 141%, em função da diminuição do teor de umidade. Isto significa um ganho energético expressivo, e a título de exemplo uma indústria que necessite para sua manutenção consumir  $1,7 \times 10^{10}$  Kcal por mês, precisa cortar 100 ha, por mês, de um povoamento de bracatinga com as características do utilizado neste estudo, caso utilize madeira verde (recém abatida) para suprir sua necessidade energética. Adotando-se um tempo de secagem de 4 meses a área fica reduzida à aproximadamente 40 ha (Tabela 3)

**TABELA 3. Hectares de bracatinga necessários para a produção de  $1,7 \times 10^{10}$  Kcal por mês, em função do tempo de secagem da madeira de bracatinga.**

Tempo de Secagem (mês)	Ar Livre		Barracão	
	Teor de umidade Base Seca (%)	Nº ha	Teor de umidade Base seca (%)	Nº ha
0	110,8	100	110,8	100
1	84,5	85	85,4	90
2	67,0	59	71,7	57
3	45,1	48	37,9	44
4	42,7	43	36,1	42

Ainda adotando o exemplo da indústria indústria que tenha um consumo energético de  $1,7 \times 10^{10}$  Kcal/mês, e as características do povoamento estudado, o corte de 100 ha, necessário para supri-la, equivale a um volume de  $25.144 \text{ m}^3$  de madeira verde.

O peso desse volume de madeira teve uma redução de aproximadamente 9.000 toneladas, em decorrência da secagem da lenha por um período de quatro meses (Tabela 4).

**TABELA 4. Quantidade de água removida a partir de  $25.144 \text{ m}^3$  de lenha de bracatinga, em função da secagem.**

Local	Tempo Secagem (mês)	Madeira + Água (ton)	Água (ton)	Água Removida (%)
Ar Livre	0	27.615	14.515	0
	1	24.170	11.070	23,7
	2	21.877	8.777	39,5
	3	19.008	5.909	59,3
	4	18.694	5.594	61,5
Barracão	0	27.615	14.515	0
	1	24.287	11.187	22,9
	2	22.493	9.393	35,3
	3	18.065	4.965	65,8
	4	17.829	4.729	67,4

Esta redução em peso é extremamente importante pois representa economia substancial no transporte de lenha.

Na Tabela 5, verifica-se o número de viagens necessárias para suprir a referida indústria considerando caminhões com capacidade para transportar 36 st de lenha, o

que equivale a 22,5 m<sup>3</sup> (11,7 toneladas madeira seca), considerando um fator empilhamento de 1,6.

Portanto, estocando-se a madeira por quatro meses, em local próximo à frente de corte, é possível reduzir em mais de 635 o número de viagens, para transportar a quantidade de lenha necessária para produzir a mesma quantidade de energia.

#### 4. CONCLUSÕES

A secagem da madeira de bracatinga, destinada a lenha, propicia um ganho substancial em termos de produção energética, decorrente da perda de umidade. Praticamente não existiram diferenças, em termos de ganhos energéticos, entre a secagem ao ar livre e em barracão.

Nos dois casos, o teor de umidade inicial, que era de 110%, foi reduzido para aproximadamente 40%, após quatro meses de secagem. Isto representa um ganho de 130% em termos de poder calorífico.

A secagem por quatro meses, pode reduzir a área de corte em aproximadamente 60%, o que representa uma grande contribuição para a preservação das florestas. Além da menor área de corte, economia substancial pode ser obtida tanto pela redução do volume de madeira a ser explorado, como também pelo menor volume a ser transportado.

#### 6. REFERÊNCIAS

AHRENS, S. Um modelo matemático para volumetria comercial de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4: Bracatinga uma alternativa para reflorestamento, 1981, Curitiba. **Anais**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p.77-89. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).

ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, São Paulo, SP. **Normas de ensaio**. São Paulo, 1968.

BAGGIO, A.J.; CARPANEZZI, A.A.; GRAÇA, L.R.; CECCON, E. Sistema agroflorestal tradicional da bracatinga com culturas agrícolas anuais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, nº 12, p.73-82, 1986.

BRASIL SUDESUL **Estudo das alternativas técnicas, econômicas e sociais para o setor florestal do Paraná**; Sub-Programa Tecnologia; Relatório final. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1979. 335p.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis. In: SEMINÁRIO DE ABASTECIMENTO ENERGÉTICO INDUSTRIAL COM RECURSOS FLORESTAIS, 2., 1982, São Paulo. **Palestras apresentadas**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. p. 101-137.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, Curitiba, PR. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Curitiba: 1986. 89p. (EMBRAPA-CNPF. Documentos, 17).

- FARINHAQUE, R. **Influência da umidade no poder calorífico da madeira de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth), e aspectos gerais de combustão.** Curitiba: FUPEF, 1981. 13p. (FUPEF. Série Técnica, 6).
- FERREIRA, M. **Estudo da variação da densidade básica da madeira de *Eucalyptus alba* Reinw e *Eucalyptus saligna* Snith.** Piracicaba: ESALQ, 1968. 71p. Tese Doutorado.
- FERREIRA, M.C.; SARAIVA FILHO, J.C.; FERNANDES, P.S. Variação da umidade da madeira de eucalipto estocada em pátios industriais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais.** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1983. p.779-781.
- JUVILLAR, J.B. **O carvoejamento da madeira e seus reflexos na qualidade do carvão:** qualidade da madeira. Piracicaba: IPEF, 1979. 6p. (IPEF. Circular Técnica, 64).
- MATTOS, J.R.; MATTOS, N.F. **A bracatinga.** Porto Alegre: Instituto de Pesquisas de Recursos Naturais Renováveis "AP", 1980. 40p. (Publicação IPRN R, 5).
- PAULA, J.E. de. Espécies nativas com perspectivas energéticas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, Campos do Jordão. 1982. **Anais ...** São Paulo: Instituto Florestal, 1982. p.1259-1315.
- REITZ, R.; KLEN, R.M; REIZ, A. Projeto madeira de Santa Catarina. **Sellowia**, Itajaí, nº 28/30, p.1-320, 1978.
- ROTTA, E.; OLIVEIRA, Y.M.M. Área de distribuição natural da bracatinga (*Mimosa scabrella*). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4: Bracatinga uma alternativa para reflorestamento, 1981, Curitiba. **Anais.** Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p.117-122 (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).
- SILVA, L.B.X.; REICHMANN NETO, F.; TOMASELLI, I. Estudo comparativo da produção de biomassa para energia entre 23 espécies florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais ...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1983. p.872-878.
- SIMÕES, J.W.; POGGIANI, F.; BALLONI, E.A.; RORIZ, M. de S.; LEITE, J.C.C.; VIDIGAL, R.M. Adaptabilidade de espécies florestais de rápido crescimento em solo alterado pela exploração do xisto. **IPEF**, Piracicaba, nº 16, p.1-12, jun. 1978.
- VALENTE, O.F. Carbonização da madeira de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, nº 141, p.74-79, 1986.