

# Comparação da Qualidade da Madeira de Seis Espécies de Algarobeira para a Produção de Energia

---

*José Carlos Duarte Pereira*<sup>1</sup>  
*Paulo César Fernandes Lima*<sup>2</sup>

## RESUMO

Com o propósito de contribuir para a otimização da produção de energia a partir da algarobeira, foram comparadas as qualidades das madeiras de *Prosopis juliflora*, *P. pallida*, *P. velutina*, *P. glandulosa*, *P. alba* e *P. chilensis* plantadas em Petrolina - PE, aos oito anos de idade. Foram determinados a densidade básica, os rendimentos da destilação seca da madeira, o poder calorífico da madeira, da casca e do carvão, assim como os teores de carbono fixo, voláteis e cinzas do carvão obtido. *Prosopis juliflora* e *P. pallida* produziram madeira mais densa e carvão com menores teores de cinzas.

**Palavras-chave:** *Prosopis juliflora*, *P. pallida*, *P. velutina*, *P. glandulosa*, *P. alba* e *P. chilensis*, densidade básica, carvão, poder calorífico.

---

1 Engenheiro-Agrônomo, Doutor, Pesquisador da *Embrapa Florestas*.

2 Engenheiro Florestal, Pesquisador da *Embrapa Semi-Árido*.

# Comparison on Wood Quality Among six *Prosopis* Species for Energy Purposes

## ABSTRACT

Wood qualities of six *Prosopis* species for energy purpose were compared. The species were *Prosopis juliflora*, *P. pallida*, *P. velutina*, *P. glandulosa*, *P. alba* and *P. chilensis*. The traits studied were basic density, wood destilates, heat content as well as contents of fixed carbon, volatiles and ash in the charcoal produced. *Prosopis juliflora* and *P. pallida* produced wood with high basic density and charcoal with low ash contents.

**Keywords:** *Prosopis juliflora*; *P. pallida*; *P. velutina*; *P. glandulosa*; *P. alba*; *P. chilensis*; basic density; charcoal; heat content.

## 1. INTRODUÇÃO

O gênero *Prosopis* compreende 45 espécies distribuídas naturalmente pelas regiões áridas e semi-áridas do sudeste da Ásia, África e nas Américas, desde o sudoeste dos Estados Unidos até a Patagônia (Burkart, 1940, 1976; Schinini, 1981). No Brasil, a dispersão do gênero se concentra no sudoeste do Rio Grande do Sul, no extremo sul do Mato Grosso do Sul e em uma pequena área entre os Estados de Pernambuco e Piauí (Silva, 1988).

Seis espécies do gênero merecem atenção particular face aos benefícios oferecidos: *P. affinis* Sprengel, *P. alba* Grisebach, *P. chilensis* (Molina) Stuntz emend. Burkart, *P. nigra* (Grisebach) Hieronymus, *P. pallida* (Humboldt and Bonpland ex Willdenov) H.B.K. e *P. tamarugo* F. Philippi (National Academy of Sciences, 1979; Habit et al., 1981). Em Huaraz, Peru, durante o encontro sobre planejamento da pesquisa florestal na América Latina, em 1987, oito países da América do Sul, incluindo o Brasil, elegeram, além dessas, as espécies arbóreas *P. caldenia* Burkart, *P. flexuosa* DC, *P. hassleri* Harms, *P. juliflora* (SW) DC e *P. glandulosa* Torrey como prioritárias na solução dos problemas de devastação de suas regiões áridas e semi-áridas (FAO, 1987, citado por Lima, 1994).

*Prosopis juliflora* (Sw) DC, em virtude de sua produtividade e resistência à seca, é uma das espécies mais plantadas em regiões semi-áridas. Os plantios, realizados em sistemas puros ou consorciados, têm como finalidade a produção de lenha, estacas, carvão e forragem. Estima-se que, no Nordeste, apenas com incentivos do governo, foram plantados mais de 90.000 ha a partir de 1979 (Reis, 1985). Zakia et al. (1989) citam produtividades de até 9,4 t/ha/ano em algarobais de crescimento espontâneo em várzeas do Rio Grande do Norte. Lima (1986) estimou a produção de 15 m<sup>3</sup>/ha de madeira de *P. juliflora*, aos cinco anos, enquanto Ribaski (1987) relata a obtenção de 17,67 kg/ha de matéria seca, trinta meses após o plantio. Todavia, os conhecimentos sobre a produção e o comportamento das espécies do gênero, nas diferentes zonas agroecológicas do Nordeste, ainda são escassos e, segundo Pires & Kageyama (1985), há evidências de endogamia no material genético utilizado para plantio no Nordeste.

Este trabalho teve o objetivo de caracterizar e comparar a qualidade da madeira de algumas espécies de algarobeira como fonte de energia, ampliando a base de dados disponíveis e contribuindo para o desenvolvimento dos programas de melhoramento e manejo florestais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em Petrolina-PE, em solo Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico (Epieutrófico). O clima é do tipo Bshw pela classificação de Köppen e a precipitação média anual, entre 350 a 500 mm, distribui-se irregularmente entre dezembro e abril.

O experimento foi instalado sob um delineamento em blocos ao acaso para comparar as seguintes espécies:

*Prosopis juliflora* (Sw) DC, com sementes do Nordeste do Brasil;

*P. pallida* (Humboldt and Bonpland ex Willdenov)H.B.K., do Peru;

*P. velutina* Wooton, dos Estados Unidos;

*P. glandulosa* Torrey, dos Estados Unidos;

*P. alba* Grisebach, do Chile;

*P. chilensis* (Molina) Stuntz emend. Burkart, do Chile.

O espaçamento inicial foi de 6,0 m por 6,0 m com parcelas de 25 plantas. Aos oito anos de idade, foram abatidas, aleatoriamente, catorze árvores por espécie. Na base e a 25, 50 e 75% da altura total de cada árvore, coletaram-se discos com cerca de 2,5 cm de espessura. De cada disco, foram retiradas quatro cunhas com ângulo interno de 30°. Duas delas, de posições opostas, foram utilizadas para as determinações da densidade básica, pelo método da balança hidrostática (Norma ABCP M 14/70). As demais foram utilizadas para formar duas amostras compostas por árvore. A primeira foi utilizada na destilação seca da madeira e, posteriormente, na análise química imediata do carvão produzido. A outra foi transformada em serragem, em moinho tipo Wiley, para a determinação do poder calorífico da madeira e da casca, pelo método da bomba calorimétrica.

A destilação seca da madeira foi desenvolvida em forno mufla, com aquecimento elétrico, programado para aumentar 1 °C/min, com ciclo total de carbonização de 8h e temperatura máxima de 500 °C. Ao forno, foram adaptados quatro tubos independentes de carbonização, à semelhança do modelo B de Petroff & Doat (1978). A cada um desses tubos, foi acoplado um condensador para a obtenção do licor pirolenhoso bruto, correspondente aos produtos condensáveis à temperatura média de refrigeração de 18 °C. Para cada amostra, determinaram-se os rendimentos gravimétricos em carvão, em licor e em gases não condensáveis.

A análise química imediata do carvão foi desenvolvida com duas repetições, segundo as normas preconizadas pelo Forest Products Laboratory (Estados Unidos..., 1961). A densidade básica média do disco foi calculada através da média aritmética das densidades determinadas para as respectivas cunhas. A densidade básica média da árvore foi calculada através da média ponderada dos resultados obtidos para as diferentes posições, tomando-se como fator de ponderação o quadrado dos respectivos diâmetros. Às posições intermediárias, por representarem as extremidades de duas toras sucessivas, foi atribuído o peso 2 no cálculo dessa média.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

*Prosopis juliflora* e *P. pallida*, quando comparadas com as demais espécies, apresentaram densidades superiores para a madeira e inferiores para a casca (Tabela 1). Para poder calorífico, tanto da madeira como da casca, as diferenças entre espécies não foram estatisticamente significativas.

**TABELA 1.** Características energéticas da madeira e da casca de diferentes espécies de *Prosopis*.

Espécies	Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )		Poder calorífico (Kcal/kg)	
	Madeira	Casca	Madeira	Casca
<i>P. alba</i>	0,644 a *	0,568 b *	4908	4439
<i>P. chilensis</i>	0,700 b	0,614 c	4816	4687
<i>P. glandulosa</i>	0,755 c	0,569 b	4625	4573
<i>P. juliflora</i>	0,836 d	0,494 a	5132	4739
<i>P. pallida</i>	0,854 d	0,503 a	5040	4433
<i>P. velutina</i>	0,744 c	0,574 b	4998	4431
Médias	0,756	0,551	4935	4531
CVe (%)	4,7	5,7	8,3	7,6
F	70,551	24,593	1,660	1,335
p <	0,0001	0,0001	0,1612	0,2660

\*Médias seguidas por letras distintas diferenciam-se, pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

Na destilação seca da madeira, as diferenças observadas nos rendimentos em carvão não foram significativas. Quanto aos rendimentos em licor, embora o valor de F tenha sido significativo com 95% de probabilidade, o teste de Tukey não detectou diferenças entre espécies. Para os rendimentos em gases, apenas as médias obtidas para *P. pallida* e *P. velutina* diferenciam-se entre si (Tabela 2).

**TABELA 2.** Rendimentos da destilação seca da madeira de diferentes espécies de *Prosopis*.

Espécies	Rendimentos (%)		
	Carvão	Licor	Gases
<i>P. alba</i>	42,6	33,9	23,5 ab *
<i>P. chilensis</i>	46,8	30,3	22,9 ab
<i>P. glandulosa</i>	43,2	32,0	24,7 ab
<i>P. juliflora</i>	43,6	33,9	22,5 ab
<i>P. pallida</i>	46,3	31,6	21,8 a
<i>P. velutina</i>	41,7	33,1	25,3 b
Médias	43,8	32,7	23,5
CVe (%)	10,8	9,5	12,3
F	2,174	2,354	2,775
p <	0,0668	0,0495	0,0242

\*Médias seguidas por letras distintas diferenciam-se, pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

Os carvões produzidos a partir das madeiras de *Prosopis juliflora* e *P. pallida* apresentaram os menores teores de cinza, não se constatando diferenças significativas entre espécies nas demais variáveis, com 95% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 3).

**TABELA 3.** Poder calorífico e análise imediata do carvão de diferentes espécies de *Prosopis*.

Espécies	Análise imediata			Poder calorífico (Kcal/Kg)
	Carbono Fixo (%)	Voláteis (%)	Cinzas (%)	
<i>P. alba</i>	76,9	19,7	2,6 c *	7166
<i>P. chilensis</i>	73,2	24,6	2,2 abc	7225
<i>P. glandulosa</i>	71,3	26,5	2,2 bc	6629
<i>P. juliflora</i>	76,7	22,1	1,2 a	7294
<i>P. pallida</i>	72,0	26,5	1,5 ab	6828
<i>P. velutina</i>	70,1	23,8	2,8 c	6954
Médias	73,6	23,7	2,1	7007
CVe (%)	11,9	34,7	40,8	8,2
F	1,215	1,287	6,339	2,110
p <	0,3128	0,2810	0,0001	0,0795

\*Médias seguidas por letras distintas diferenciam-se, pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%.

De forma geral, a madeira das algarobeiras é de boa qualidade para produção de energia. Quando comparada às madeiras de várias espécies de eucalipto estudadas por Brito et al. (1982) e por Pereira et al. (2000), verifica-se que sua densidade básica tende a ser superior embora o carvão produzido contenha maior quantidade de cinzas. Outras diferenças também podem ser verificadas, algumas delas provavelmente decorrentes das características dos processos de destilação. Como exemplo, os rendimentos superiores em carvão, encontrados para as algarobeiras, foram contrabalançados por teores menores de carbono fixo.

Segundo Lima (1994), *Prosopis juliflora* e *P. pallida* foram as espécies que se destacaram quanto à produção de biomassa, com 27,109 e 15,666 t/ha, aos oito anos de idade, respectivamente. Dessa forma, entre as algarobeiras estudadas, essas são as mais adequadas para produção de energia, capazes de

gerar maior quantidade de calor por unidade de volume de madeira, assim como carvão com maior densidade aparente, maior resistência mecânica, maior capacidade calorífica por unidade de volume e menor quantidade de cinzas.

## 4. CONCLUSÕES

De forma geral, a madeira da algarobeira é de boa qualidade para produção de energia por pirólise ou através do carvão vegetal. *Prosopis juliflora* e *P. pallida*, entre as espécies estudadas, destacaram-se como produtoras das madeiras mais densas e dos carvões com os menores teores de cinza.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G.; MIGLIORINI, A. J.; SEIXAS, F.; MURAMOTO, M. C. Análise da produção energética e de carvão vegetal de nove espécies de eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais...**São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1982. p. 742-744.

BURKART, A. Materiales para una monografía del género *Prosopis* (leguminosae). **Darwiniana**, Buenos Aires, v. 4, n. 1, p. 57-128, 1940.

BURKART, A. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). **Journal of the Arnold Arboretum**, Cambridge, v. 57, n. 3, p. 219-249, 1976.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. **Charcoal**: production, marketing and use. Madison, 1961. 137 p.

HABIT, M. A.; CONTRERAS, T. D.; GONZALES, R. H. ***Prosopis tamarugo***: arbusto forrajero para zonas áridas. Rome: FAO, 1981. 143 p. (Estudio FAO. Production y Proteccion Vegetal, 25).

LIMA, P. C. F. Tree productivity in the semiarid zone of Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 16, n. 1-4, p. 5-13, 1986.

LIMA, P. C. F. **Comportamento silvicultural de espécies de *Prosopis*, em Petrolina-PE, região semi-árida brasileira**. 1994. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Tropical legumes resources for the future**. Washington, 1979. 331 p.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).

PETROFF, G.; DOAT, J. Pyrolyse des bois tropicaux: influence de la decomposition chimique des bois sur les produits de distillation. **Bois et Forêts des Tropiques**, Nogent-Sur-Marne, n. 177, p. 51-64, 1978.

PIRES, I. E.; KAGEYAMA, P. Y. Caracterização da base genética de uma população de algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC) existente na região de Soledade-PB. **IPEF**, Piracicaba, n. 30, p. 29-36, 1985.

REIS, M. S. A política de reflorestamento para o Nordeste Semi-Árido. **Silvicultura**, São Paulo, n. 37, p. 33-37, 1985. Edição especial. Edição dos [Anais] do I Seminário Sobre Potencialidade Florestal do Semi-Árido, João Pessoa.

RIBASKI, J. Comportamento da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC) e do capim-búfel (*Cenchrus ciliaris* L), em plantio consorciado, na região de Petrolina, PE. **Revista da Associação Brasileira de Algaroba**, Mossoró, v. 1, n. 2, p. 171-225, 1987.

SCHININI, A. Contribución a la flora del Paraguay. **Bomplandia**, Corrientes, v. 5, p. 101-108. 1981.

SILVA, M. A. Taxonomy and distribution of the genus *Prosopis* L. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROSOPIS, 2., 1986: Recife. **The current state of knowledge on *Prosopis juliflora***. Rome: FAO, 1988. p. 177-185.

ZAKIA, M. J. B.; PAREYN, F. G.; BURKART, R. N.; ISAIA, E. M. B. I. Incremento médio anual de algarobais no Seridó-RN. **IPA News**, Recife, n. 8, p. 1-4, 1989.