

MINISTÉRIO DO INTERIOR
INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS
NATURAIS RENOVÁVEIS
DIRETORIA DE INCENTIVO À PESQUISA E DIVULGAÇÃO
LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS

LPF – SÉRIE TÉCNICA Nº 2

CARBONIZAÇÃO INTEGRAL DE FRUTOS DE PALMÁCEAS

Brasília, 1989

Ministro do Interior

João Alves Filho

**Presidente do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos
Naturais Renováveis**

Fernando César de Moreira Mesquita

Diretor da Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação

Luiz Fernando Soares de Assis

Chefe do Laboratório de Produtos Florestais

Mário Rabelo de Souza

COMITÊ EDITORIAL

Eleazar Volpato, Ph. D.

Marcos Antonio Eduardo Santana, Ph. D.

Sebastião Kengen, Ph. D.

Tereza Cristina Monteiro Pastore, M. Sc.

Vera Teresinha Rauber Coradin, M. Sc.

PUBLICAÇÃO

Ernesto Paz Guimarães

Noemia Regina Santos do Nascimento

Tereza Cristina Monteiro Pastore

Yeda Soares de Lucena Bataus

CARBONIZAÇÃO INTEGRAL DE FRUTOS DE PALMÁCEAS

Autores: Yeda S. de Lucena Bataus *
Floriano Pastore Jr. **
Esmeralda Y. A. Okino ***
Tereza C. M. Pastore ****

- Eng.^o Florestal — pesquisadora do LPF/DIRPED/IBAMA.
- • Químico, M. Sc. — end. atual Latex Pastore Jr., Belterra (PA).
- • • Eng.^o Químico — pesquisadora do LPF/DIRPED/IBAMA, bolsista do CNPq.
- • • • Química, M. Sc. — pesquisadora do LPF/DIRPED/IBAMA, bolsista do CNPq.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação. Laboratório de Produtos Florestais. Brasília, D. F.

Carbonização integral de frutos de palmáceas, por Yeda S. de Lucena Bataus, Floriano Pastore Jr., Esmeralda Y. A. Okino e Tereza C. M. Pastore. Brasília, D.F., 1989.

15p. ilustr. (IBAMA. DIRPED. LPF. Série Técnica, 2)

1. Palmácea — Fruto — Carbonização integral. I. Bataus, Yeda S. de Lucena. II. Pastore Jr., Floriano. III. Okino, Esmeralda Y. A. IV. Pastore, Tereza C. M. V. título. VI série.

ÍNDICE

RESUMO	5
ABSTRACT	5
1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAIS E MÉTODOS	7
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
4. CONCLUSÃO	10
5. AGRADECIMENTOS	10
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
ANEXOS	11

RESUMO

Sob condições controladas de laboratório foram conduzidas as carbonizações dos frutos completos de cinco espécies de palmáceas: Babaçu (*Orbignya* sp), Tucumã (*Astrocaryum* sp), Inajá (*Maximiliana* sp), Indaiá (*Attalea* sp) e Macaúba (*Acrocomia sclerocarpa*) e do endocarpo do Dendê (*Elaeis guineensis*). Os parâmetros determinados foram: rendimento gravimétrico, produção de alcatrão insolúvel, líquido pirolenhoso e gases. Foram ainda determinados o conteúdo de extrativos em álcool-tolueno do material de partida e as características do carvão produzido de cada coco: carbono fixo, cinzas, materiais voláteis, poder calorífico e densidade. Como referência usou-se o carvão da madeira de *Eucaliptus grandis* obtido nas mesmas condições. Os resultados indicam que a carbonização de cocos inteiros de várias espécies pode ser uma importante fonte alternativa de produtos para fins químico-energéticos, complementando o emprego dos cocos para obtenção de óleos vegetais.

ABSTRACT

Under laboratory conditions it was made charcoal of complete fruits of five palmacea species: Babaçu (*Orbignya* sp), Tucumã (*Astrocaryum* sp), Inajá (*Maximiliana* sp), Indaiá (*Attalea* sp) and Macaúba (*Acrocomia sclerocarpa*) and with the endocarpus of Dendê (*Elaeis guineensis*). The parameters observed were the charcoal yield, insoluble tar, pyroligneous liquid and gases. The alcohol-toluene extractives content of the raw material and the characteristics of the produced charcoal: fixed carbon, ashes, volatile matter, calorific value and density were also determined. Charcoal obtained from *Eucaliptus grandis* under the same conditions was used as reference. The results show that the carbonizations of the whole fruits of several species can be one important alternative source of products for chemical and energy purpose, complementary to the use of those fruits in the vegetable oils industry.

1. INTRODUÇÃO

As palmeiras, por serem perenes, renováveis e de grande potencial de expansão, podem constituir uma importante fonte energética alternativa, através da carbonização integral ou parcial de seus frutos, combinando-se com sua utilização na indústria de óleos vegetais. As inúmeras espécies de palmáceas são abundantes em todo Brasil, cobrindo enormes áreas contínuas, como é o caso do Babaçu, a mais abundante delas, que, segundo estimativas, tem ocorrência expressiva em mais de 14.000.000ha e um potencial produtivo acima de uma dezena de milhões de toneladas de coco por ano (5).

Além desta, outras espécies são aproveitadas atualmente na produção de óleo vegetal, tais como: Dendê, Macaúba, Tucumã, etc., gerando grande quantidade de resíduos, que podem ser empregados como combustível.

No sistema manual de coleta empregado hoje em dia, especialmente no caso do Babaçu, somente os maiores cocos são recolhidos, ficando no chão aqueles de menor potencial para aproveitamento industrial, promovendo-se, então, uma seleção genética negativa. No entanto, os cocos abandonados neste processo podem ser utilizados para geração energética na sua forma integral, o que viria proporcionar novos rendimentos, tornando a coleta mais econômica. Ao que se sabe, poucos estudos foram realizados neste sentido até o momento.

O Brasil, rico em minério de ferro, tem o carvão vegetal como redutor na produção de cerca de 40% do ferro gusa, necessitando de extensa área de reflorestamento para atender esta demanda industrial. Tendo em vista a expansão da indústria siderúrgica nacional para explorar a província mineral de Carajás, cresce a importância deste estudo, principalmente pela ampla ocorrência de palmáceas naquela região.

Com relação ao aspecto social, a carbonização integral de cocos, na medida em que torna mais econômica a coleta para uso industrial/energético, poderá também remunerar melhor os catadores de coco, reconhecidamente um dos pontos de estrangulamento para a expansão da indústria de óleos de frutos de palmeira, especificamente o Babaçu. Criar-se-iam, com isto, melhores condições de fixação das famílias de catadores de coco ao campo, rompendo, possivelmente, o ciclo de vida de subsistência, característico daquelas regiões de predominância de palmeiras, como o Babaçu, Indaiá, Inajá, etc. Vem reforçar ainda este ponto o fato de que a coleta de coco ocorre no período de entressafra agrícola, permitindo otimizar, neste caso, o emprego da mão-de-obra rural.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

— COLETA E OBTENÇÃO DO MATERIAL

Para a realização dos experimentos, selecionaram-se frutos maduros. As amostras de Tucumã (*Astrocaryum* sp) e Inajá (*Maximiliana* sp) procederam da região de Belém, PA, e os cocos Indaiá (*Attalea* sp), da região de Cocalzinho e Formosa, em Goiás. O Babaçu (*Orbignya* sp) e a Macaúba (*Acrocomia sclerocarpa*), procedentes da região de Pirapora, MG, foram doados pelo CENARGEM/EMBRAPA. Para a carbonização destas cinco espécies tomou-se o fruto inteiro, enquanto para a espécie Dendê (*Elaeis guineensis*) foram carbonizados pedaços de endocarpo, resíduos da industrialização obtidos junto à empresa DENPASA, em Belém, PA.

— CARBONIZAÇÃO

O processo de carbonização foi realizado em retorta, na ausência de ar e com recuperação dos subprodutos, conforme mostra o diagrama da Figura 1, já utilizado em outros trabalhos do LPF (7).

O material a carbonizar era colocado na retorta (cilindro metálico de aço inox), com capacidade volumétrica de 1,8L (A), com tampa removível e junta de amianto, a qual era, então, introduzida numa mufla (forno elétrico) com controle automático de temperatura (B). Durante a carbonização, a temperatura no interior da retorta era controlada por termômetro digital (I). A temperatura máxima do processo variou numa faixa de 450°C - 470°C, a qual foi atingida num período de 3 horas, a uma taxa de aquecimento de 2,4° C/min.

Os produtos voláteis provenientes da carbonização passavam por condensadores metálicos, tipo duplo-vertical, em sistema contracorrente, de 1m de comprimento e 2,54cm de diâmetro (C). O material condensável (líquido pirolenhoso e alcatrão) era coletado em recipiente metálico, circundado por banho de gelo, para acelerar o processo de condensação dos voláteis (D). Os gases não-condensáveis passavam por um condensador de vidro (E) e, logo depois, por dois frascos de lavagem de gás, dispostos em série (F), e finalmente queimados em bico de Bunsen (G).

O sistema de aquecimento era desligado quando se atingia a temperatura máxima de carbonização. Após o resfriamento à temperatura ambiente, a retorta era retirada da mufla e aberta.

Para cada espécie foram realizadas três repetições e a quantidade de material utilizado no processo variou em função da densidade e forma do coco, permitindo um maior ou menor empacotamento na retorta.

O carvão era pesado, e o seu rendimento gravimétrico percentual (RG), em relação à base seca, calculado pela seguinte equação:

$$RG = \frac{\text{Peso do carvão (g)} \times 100}{\text{Peso do coco (base seca)}} \quad (i)$$

Para obter-se o peso de alcatrão insolúvel mais o do líquido pirolenhoso procedia-se à filtração do material condensado, utilizando-se papel de filtro, funil de vidro, bomba de vácuo (Primar, Brasil) e kitazato.

Após este procedimento, obtinha-se o rendimento de líquido pirolenhoso, alcatrão insolúvel e, por diferença, a proporção de gases (base seca).

Foram realizadas as seguintes determinações para o coco e o respectivo carvão, conforme as normas e procedimentos indicados:

— teor de extrativos em álcool-tolueno (E_{AT}). Norma ASTM D 1107-56 (1), substituindo-se o benzeno por tolueno;

— análise química imediata do carvão. Norma ASTM D 1762/64 (2);

— poder calorífico superior do carvão (Pcs). Norma ASTM D 5286-77 (3). Para este teste utilizou-se um calorímetro de camisa isotérmica (Julius Peter, Alemanha), a 25atm de oxigênio e 2.500mL de água na jaqueta. A equação abaixo foi empregada para a determinação do poder calorífico superior em base seca (8):

$$Po = PH (1 + H/100) + 6 H, \quad (ii)$$

onde:

Po = Pcs do carvão em base seca

PH = Pcs do carvão à umidade H, como medida no aparelho

H = porcentagem de umidade do carvão em relação ao peso seco;

— densidade aparente do carvão (base seca). Optou-se pelo uso do deslocamento de mercúrio, devido à ausência de norma já estabelecida para pouca quantidade de material. O aparelho utilizado foi o de Brinnel (Amsler, Alemanha). O resultado expresso é a média de dez ensaios por espécie.

Para efeito de comparação dos resultados, tomou-se o carvão obtido da madeira de *Eucalyptus grandis* (5 anos, discos retirados no Diâmetro à Altura do Peito-DAP).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão relacionados os dados obtidos no processo da carbonização dos frutos de palmáceas, assim como a qualificação do produto obtido. Por se tratar de espécies oleaginosas foi também determinado o teor de extrativos em álcool-tolueno do material de partida. Os dados obtidos com a carbonização da madeira de eucalipto são apresentados para efeito de referência e comparação.

Excetuando-se o Dendê, que teve carbonizado somente seu endocarpo, todas as espécies apresentaram um rendimento gravimétrico inferior a 30%.

Em geral, os valores de RG tiveram uma pequena variação, situando-se na faixa de 26,70% a 28,19%, sendo os maiores o do Babaçu e do Indaiá, conforme ilustra a Figura 2.

O menor RG observado quando se carboniza o fruto integral, em comparação com o endocarpo do Dendê ou em relação à madeira, deve-se ao peso inicial do coco que incorpora amêndoa e mesocarpo, os quais durante o processo de destilação seca são em geral volatilizados, transformando-se em gases condensáveis ou não-condensáveis. No caso da Macaúba, a alta proporção de mesocarpo oleaginoso, ou do Babaçu de mesocarpo amiláceo geraram uma elevada porcentagem de líquido pirolenhoso, como pode ser observado na Figura 4.

Com exceção do Babaçu, todas as outras espécies apresentaram teor de alcatrão superior ao da referência, destacando-se o Indaiá, que alcançou 22,19%, como mostra a Figura 3. Segundo pesquisas realizadas pelo CETEC (6), o alto teor de líquido pirolenhoso é devido à presença de amêndoas no material carbonizado, o que vem corroborar os resultados obtidos neste trabalho, conforme ilustra a Figura 4. No entanto, os dados relativos às porcentagens de alcatrão e líquido pirolenhoso devem ser tomados com cautela, devido aos problemas verificados no processo de separação destes dois produtos. Observou-se a formação de grumos de alcatrão, em decorrência da sua polimerização, restando, portanto, pequenas porções de líquido pirolenhoso, ou mesmo a passagem de pequenas quantidades de alcatrão, de baixo peso molecular, através do papel de filtro para o líquido pirolenhoso.

Estes fenômenos não ocorreram em experiências similares com madeiras de várias espécies, devido a sua composição mais homogênea, baseada em celulose, lignina e extrativos. Isto enseja uma modificação no método de separação quando se carboniza material cuja composição incluía substâncias amiláceas e oleaginosas.

A partir dos resultados de análise química imediata pode-se qualificar o carvão obtido. A proposta de utilização do potencial energético do coco Babaçu remota a 1928, quando Froes Abreu comparou o carvão deste fruto de pal-

meira com aqueles obtidos a partir das melhores madeiras da época (4). No presente trabalho, verificou-se que outras palmeiras podem produzir carvão de qualidade igual ou superior à do Babaçu, como pode ser observado na Tabela 1 e nas Figuras 6, 7, 8 e 9.

A porcentagem de materiais voláteis variou de 10,47% para a Macaúba a 19,19% para o Babaçu. De modo geral, observou-se que estes valores são inferiores ao apresentado pelo carvão de eucalipto. Já a média do teor de cinzas das espécies em estudo é cerca de 7 vezes maior que o da referência. Esta característica pode vir limitar o uso do carvão para determinados fins industriais.

O teor de carbono fixo do carvão vegetal é uma das características mais importantes no procedimento de qualificação, uma vez que está diretamente correlacionado com o poder calorífico deste combustível (8).

Nas condições de carbonização utilizadas neste trabalho, todas as espécies estudadas, exceto o Babaçu, apresentaram teor de carbono fixo bastante elevado, variando na faixa de 82,23% a 86,10%, sendo este último valor referente ao Dendê, cujo poder calorífico superior foi de 8337,30cal/g.

A presença de uma alta porcentagem de material volátil, de composição diversificada, dependendo da matéria-prima utilizada, contribuiu para o valor determinado do poder calorífico. Este fato vem explicar os desvios que podem ser observados, ao se comparar os resultados do teor de carbono fixo e do poder calorífico. Como já foi citado anteriormente,

esperava-se encontrar uma relação diretamente proporcional entre estas duas características do carvão obtido de palmáceas, assim como ocorre com o da madeira.

De todos os resultados observados, a densidade aparente do carvão merece ser destacada devido aos elevados valores encontrados. Em se tratando de carvão vegetal, que geralmente possui densidade de $0,50\text{g/cm}^3$, foi verificado um aumento médio de 4 vezes, relativo ao carvão do eucalipto. A faixa de variação das espécies estudadas foi de $0,86\text{g/cm}^3$ a $1,29\text{g/cm}^3$, com exceção da Macaúba; portanto, o carvão de palmáceas pode ser comparado, neste aspecto, aos briquetes de carvão. Este fator é de elevada importância quando se considera o problema de transporte do material energético em longas distâncias.

Os resultados obtidos para a Macaúba, como seu baixo rendimento, 26,70%, a mais alta porcentagem de cinzas, 6,38%, e a menor densidade, $0,26\text{g/cm}^3$, sugerem que esta não é uma espécie indicada para carbonização integral do fruto. A especificidade dos óleos obtidos desta espécie e sua baixa ocorrência, em comparação com outras palmeiras, vem reforçar esta sugestão. Os resultados alcançados para as outras espécies, que tiveram seus frutos carbonizados integralmente, permitem indicá-las para esta prática que poderá ser complementada ao seu uso na obtenção de óleos vegetais, tornando mais econômica a coleta e o transporte dos cocos. Os valores conseguidos com a carbonização de pedaços do endocarpo do Dendê vieram confirmar que este uso do resíduo industrial desta espécie e de outras fornece carvões de elevada qualidade.

Tabela 1 — Rendimentos da carbonização, características físico-químicas do carvão de cocos e teor de extrativos em álcool-tolueno dos frutos "in natura"

Espécie	Rendimento da carbonização				Análise química imediata				Densidade do carvão (g/cm^3)	Poder calorífico superior (cal/g)	Extrativos em álcool-tolueno (%)
	Rendimento gravimétrico (%)	Alcatrão insolúvel (%)	Líquido pirolenhoso (%)	Gases (%)	Umidade (%)	Materiais voláteis (%)	Cinzas (%)	Carbono fixo (%)			
Eucalipto	30,00	8,56	27,51	20,60	3,53	19,08	0,58	80,34	0,22	7732	3,36
Indaiá	27,50	22,19	39,58	10,70	2,60	14,35	3,42	82,23	1,00	6685	30,70
Babaçu	28,91	3,71	56,58	10,79	2,21	19,19	4,65	76,16	0,85	7745	11,25
Inajá	27,07	10,21	42,38	21,27	1,78	11,62	3,42	84,96	1,12	7568	31,20
Tucumã	26,91	9,64	41,10	23,44	3,95	12,64	3,26	84,09	1,29	7305	35,40
Macaúba	26,70	10,79	49,45	13,04	1,90	10,44	6,38	83,18	0,26	6836	27,70
Dendê (endocarpo)	34,46	10,53	37,97	17,07	6,08	10,50	3,39	86,10	0,97	8337	9,12

OBS.: Todos os resultados estão expressos em base seca.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho, ainda que preliminares, permitem concluir que a carbonização integral de frutos de palmáceas constitui importante ramo de pesquisa que poderá vir a subsidiar a utilização desses produtos como fonte alternativa de energia e carvão para fins siderúrgicos e industriais. Dois fatores ressaltam esta importância: do lado da matéria-prima, sua abundância, distribuição geográfica, aproveitamento relativamente baixo e de poucas espécies; do lado do produto, um carvão de rendimento gravimétrico similar ou maior que a madeira, com carbono fixo e poder calorífico maiores e uma densidade bastante elevada, esta última uma característica que merece destaque pelas vantagens que oferece para o transporte. Somam-se a estes fatores os benefícios sociais que adviriam da carbonização dos cocos, haja vista que a coleta será, na sua maioria, manual, gerando grande quantidade de empregos ou beneficiando os catadores autônomos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Lídio Coradim (EMBRAPA/CERNAGEM) a gentileza de nos ceder os frutos de Macaúba, ao Dr. Ivan Tomaselli (Universidade Federal do Paraná) pela utilização do calorímetro e à DENPASA pela doação do endocarpo do Dendê. Somos também gratos aos técnicos Bernardo Seibert e Hugulino de Almeida Dias, do LPF, pelo empenho demonstrado durante a realização deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard method for alcohol-benzene solubility of wood. D 1107-56. Philadelphia, ASTM, 1973.
- (2) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard method for chemical analysis of wood charcoal. D 1762-64. Part 16. Philadelphia, ASTM, 1973.
- (3) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard method for gross calorific value of solid fuel by isothermal-jacket bomb calorimeter. D 3296-77. Philadelphia, ASTM, 1977.
- (4) ANÔNIMO. O coco babaçu como combustível. *Revista de Química Industrial*, abril, 10-16, 1983.
- (5) BRASIL. MIC. Coco de babaçu; matéria-prima para produção de álcool e carvão. Relatório técnico, MIC/STI, Brasília, 1977.
- (6) CETEC. Carvão vegetal, destilação, carvoejamento, propriedades e controle de qualidade. Série de publicações técnicas. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1982.
- (7) PASTORE, T.C.M.; OKINO, E.Y.A. e PASTORE JR., F. Carbonização de madeiras da Amazônia, Parte 1. *Anais do IV Congresso Brasileiro de Energia*. Rio de Janeiro, COPPE, 1977.
- (8) PETROFF, G. & DOAT, J. Pyrolyse des bois tropicaux — Influence de la composition chimique des bois sur les produits de distillation. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*. Paris, (177): 51-64, 1978.

ANEXOS

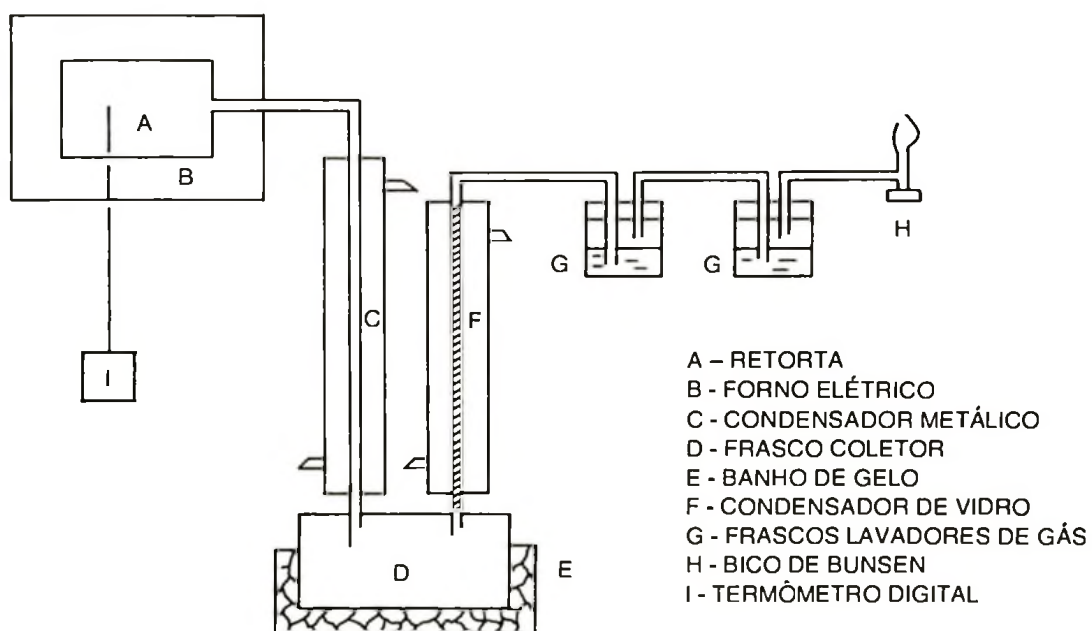


Figura 1 – Diagrama simplificado do sistema de carbonização

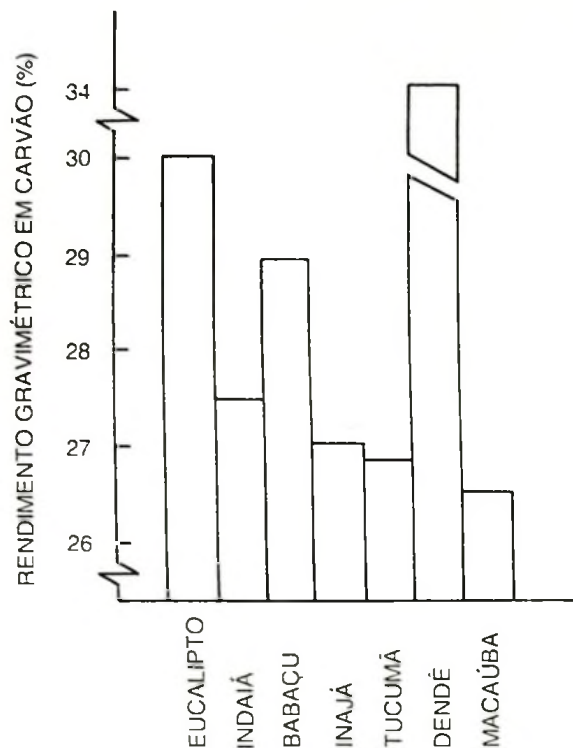


Figura 2 – Porcentagem do rendimento gravimétrico em carvão, por espécie

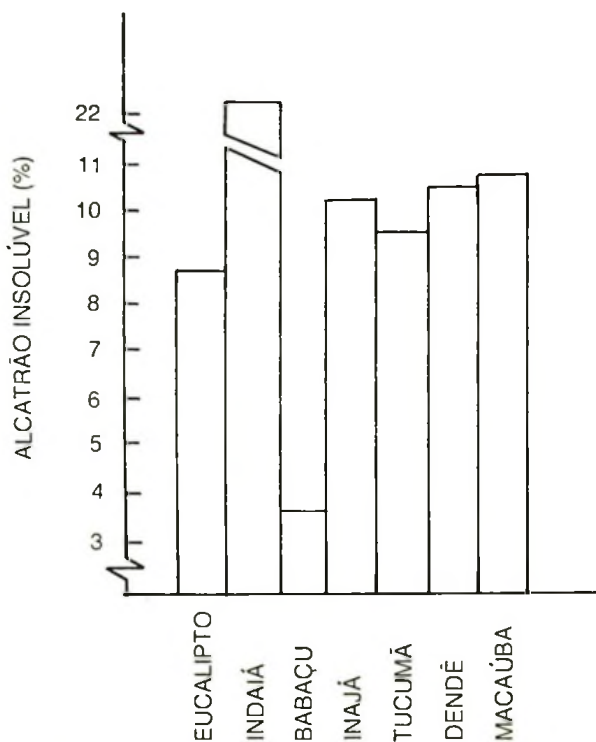


Figura 3 – Porcentagem de alcatrão insolúvel, por espécie

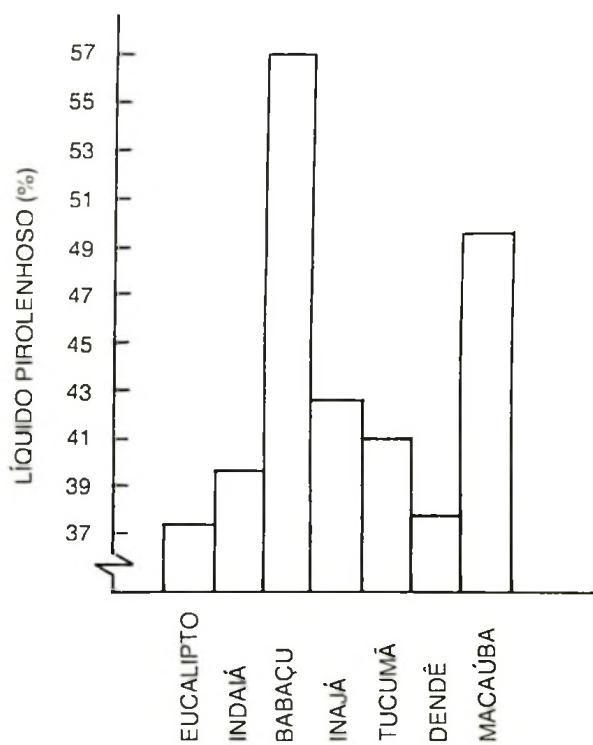


Figura 4 – Porcentagem de líquido pirolenhoso, por espécie

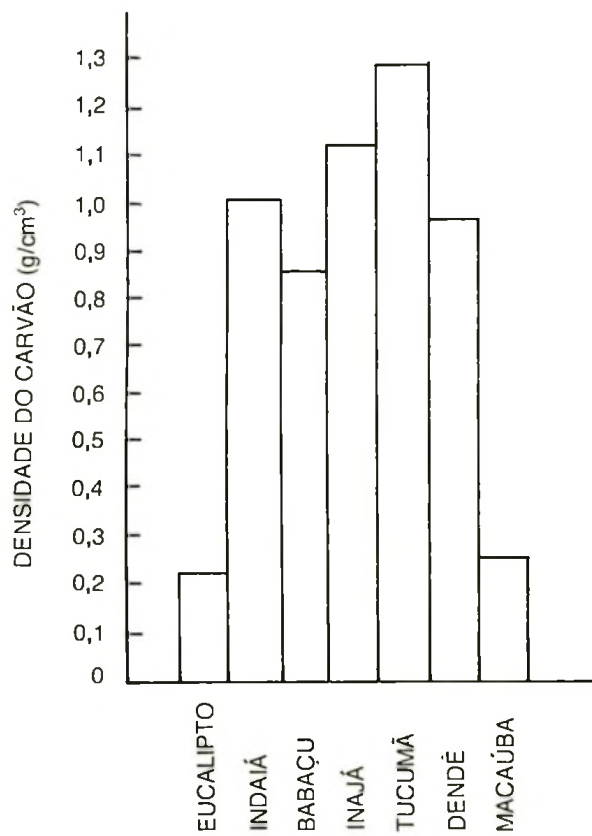


Figura 5 – Densidade do carvão, por espécie

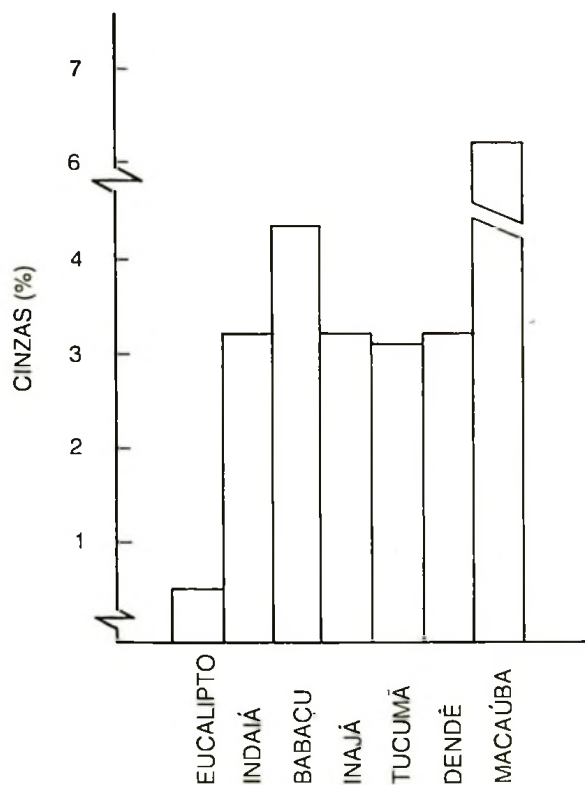


Figura 6 – Porcentagem de cinzas, por espécie

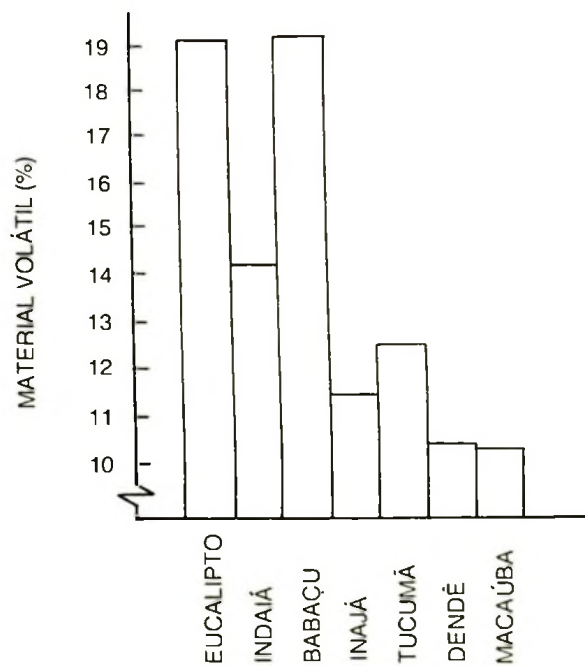


Figura 7 – Porcentagem de material volátil, por espécie

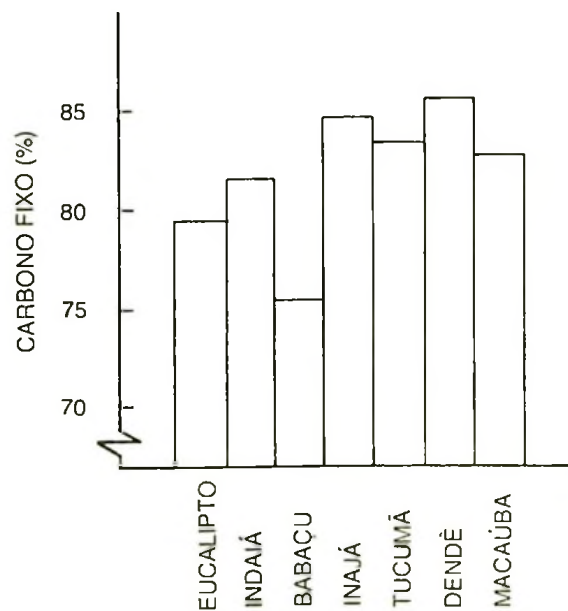


Figura 8 – Porcentagem de carbono fixo, por espécie

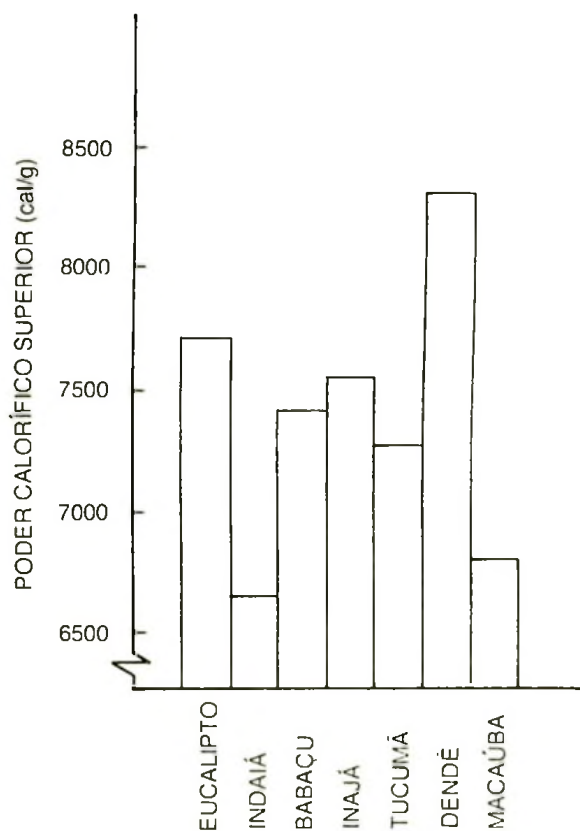


Figura 9 – Poder calorífico superior, por espécie

ENDEREÇO DO EDITOR

**Diretoria de Incentivo à Pesquisa e Divulgação
Departamento de Divulgação Científica
Divisão de Divulgação Técnico-Científica
W/3 Norte – Q. 510
Edifício Cidade de Cabo Frio – 3º andar
70750 – Brasília-DF**

LABORATÓRIO DE PRODUTOS FLORESTAIS – IBAMA

Endereço: SAIN – Av. L4 Norte – Lote 04 – CEP 70770

Fones: (061) 224-4789/224-5337/223-5664

Telex: (061) 2120/1711 – Fax: 224-5206

Caixa Postal 152874 – CEP 70919

BRASÍLIA-DF