

IPEF, n.36, p.21-26, ago.1987

ESTUDO COMPARATIVO DA CARBONIZAÇÃO DE TRÊS ORIGENS DE TURFAS EM RELAÇÃO À MADEIRA DE *Eucalyptus grandis*

DIMAS AGOSTINHO DA SILVA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA

69.000 - Manaus - AM

JOSÉ OTAVIO BRITO

ESALQ-USP, Departamento de Ciências Florestais

13.400 - Piracicaba - SP

ABSTRACT - The objective of this paper was to compare the charcoal obtained in laboratory conditions from peat, with the charcoal obtained from *Eucalyptus grandis* wood. It was utilized three origins of peat from distinct regions of Brazil. The charcoal was produced in an electrical furnace at heat rate of 50°C/30', from 100°C up to 450-500°C. The most important results were: the yield of charcoal from peat was much higher than wood. The charcoal from peats was denser, less porous and showed the same volatile content when compared with the charcoal from wood. Its higher ash content resulted in a smaller fix carbon content and calorific value, in comparison with the charcoal from wood. All results permitted to conclude that additional research with peat for charcoal production is very interesting and promising.

RESUMO - O presente trabalho visou comparar o carvão de turfa oriundo de três turfeiras distintas com o carvão vegetal de madeira de *Eucalyptus grandis*. Utilizaram-se turfas procedentes das regiões de Criciúma-SC, Registro-SP e São José dos Campos-SP e madeira de *Eucalyptus grandis* proveniente da região de Três Lagoas-MS. As carbonizações foram obtidas à temperatura máxima de 450-500°C com taxa de aquecimento de 50oC a cada 30 minutos. Na caracterização das turfas e madeira, assim como dos respectivos Carvões procedeu-se as seguintes análises: densidade aparente, densidade verdadeira, porosidade, análise imediata e poder calorífico superior. As turfas apresentaram rendimento gravimétrico de carvão bem mais elevado que o de madeira. Seus carvões também, comparativamente, apresentaram-se mais densos e menos porosos. Na composição imediata apenas os teores de matérias voláteis estiveram próximos do obtido para o carvão vegetal. Em função dos altos teores de cinzas, os carvões de turfas apresentaram menores teores de carbono fixo e, por sua vez, também menores valores de poder calorífico superior. Os resultados, como um todo, permitiram concluir ser bastante interessante e oportuna a continuidade de novos estudos sobre produção de carvão a partir de turfa.

INTRODUÇÃO

O consumo brasileiro de madeiras tem crescido constantemente. Por outro lado, nossas reservas florestais diminuem e a reposição florestal tem sido inteiramente ineficiente para cobrir a demanda por madeira. Assim, desde que não sejam tomadas sérias medidas, é de prever escassez futura de produtos florestais. Um desses produtos é o carvão vegetal, do

qual o nosso País depende, particularmente para o atendimento de uma grande parcela da sua produção siderúrgica.

O Brasil detém o primeiro lugar dentre os países produtores e consumidores de carvão vegetal, respondendo por 30% da produção mundial. No ano de 1985, o consumo nacional girou em torno de 31,5 milhões de metros cúbicos, segundo a ABRACAVE (1986). Para atender tal demanda pode-se calcular um consumo em torno de 89,0 milhões de metros cúbicos de madeira. A manutenção da oferta de madeira para o atendimento desta demanda é, portanto, uma das questões mais amplamente discutidas atualmente no setor. A reposição florestal, a busca de maiores rendimentos na produção de madeira, na sua conversão a carvão e no uso deste produto tem sido alvo de constantes discussões. Dentre elas tem surgido também questões relacionadas às possíveis alternativas para substituição da madeira como matéria-prima para a produção de carvão vegetal. Uma dessas alternativas seria a turfa, cujas reservas em nosso País são bastante extensas, e com excelente distribuição geográfica, ocorrendo praticamente em todos os estados e territórios do Brasil. Segundo MATTAR & DELAZARO (1980), SUSCZYNSKI (1982) e KUMOTO, COSTANZO. Jr. , MONTICELI (1985), citando a Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, as nossas turfeiras representam um potencial energético variando entre 5 a 6 bilhões de barris equivalente de petróleo.

A turfa é um material que forma a transição entre a biomassa e os combustíveis fósseis naturais como o carvão mineral. Segundo LARBALÉTRIER (s.d.), a turfa resulta da decomposição lenta, operada em meio aquoso, de vegetais diversos e suas propriedades variam muito com a natureza do material de origem e com o grau de decomposição. Há uma tendência de enquadrar as turfás, baseando-se principalmente, no grau de decomposição e na quantidade de fibras do material turfáceo. Assim, segundo COHEN (1983), as turfás podem ser classificadas como sendo fibrosas, hêmicas e sápricas segundo estejam, respectivamente, pouco, moderada ou bastante decomposta. Quanto aos percentuais de fibras presentes nas turfás, de acordo com Severson et alii citados por LEMASTERS (1983) os teores se apresentam acima de 70% nas fibrosas, entre 10 a 40% nas hêmicas e abaixo de 10% nas sápricas. Para KEYS (1983) as turfás mais decompostas tendem a ter teor de carbono, densidade e poder calorífico maiores em relação as turfás menos decompostas.

Segundo BERTHELOT & KLING (1943), dadas as condições do material de origem e sua composição atual, existe uma forte analogia entre a turfa e a madeira quando se trata de carbonização e natureza dos produtos obtidos. Nesse sentido, acredita-se que a turfa deva ser estudada a fim de verificar-se a possibilidade de seu emprego como alternativa de insumo para os setores que hoje utilizam carvão vegetal produzido a partir de madeira.

Considerando-se que a turfa eventualmente poderá substituir a madeira no processo de carbonização, este trabalho teve como objetivo comparar o carvão de turfa de três regiões turfáceas com o carvão vegetal oriundo de madeira de **Eucalyptus grandis**.

MATERIAL E MÉTODO

Utilizaram-se amostras de turfa procedentes das regiões de Criciúma-SC, de Registro-SP e de São José dos Campos-SP e madeira de **Eucalyptus grandis**, proveniente da região de Três Lagoas-MS, com 11 anos de idade. As turfás foram ensaiadas a granel e a

madeira na forma de cavacos. Utilizou cinco repetições para cada ensaio em cada material analisado.

Foram determinados os rendimentos gravimétricos em produtos sólidos (carvão), voláteis condensáveis e não-condensáveis, com base no peso seco do material original a ser carbonizado.

Na caracterização das turfas e da madeira, assim como dos respectivos carvões produzidos procedeu-se as seguintes análises:

- Densidade aparente: obtida pelo método da balança hidrostática;
- Densidade verdadeira: obtida por picnometria do material fracionado a 100 mesh;
- Porosidade: dada pela fórmula:

$$P_o = \left(1 - \frac{d_a}{d_v}\right) \times 100 \text{ onde :}$$

P_o = conteúdo de poros dado em percentagem;

d_a = densidade aparente

d_v = densidade verdadeira

- Análise imediata: os teores de matérias voláteis, de cinzas e de carbono fixo foram obtidos através da norma NBR 8112 da A.B.N.T. (1983)

- Poder calorífico superior: obtido por calorimetria segundo a norma NBR 8633 da A.B.N.T. (1985).

As amostras foram secas em estufa até a perda total de umidade e, posteriormente, carbonizadas em retorta elétrica de laboratório, equipada para recuperar os voláteis condensáveis. Carbonizaram-se 300g de cada material a uma taxa de aquecimento de 50°C a cada 30 minutos, até a temperatura máxima de 450°-500°C e permanecendo nesta por 30 minutos.

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado com cinco repetições e quatro tratamentos: TC = turfa da região de Criciúma-SC; TR = turfa da região de Registro-SP; TJ = turfa da região de São José dos Campos-SP e ME = Madeira de **Eucalyptus grandis**.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As características originais das turfas e da madeira são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características médias dos materiais carbonizados (*).

| Tratamentos | Densidade aparente (g/cm³) | Densidade verdadeira (g/cm³) | Teor de matérias voláteis | Teor de cinzas (%) | Teor de carbono fixo (%) | Poder calorífico superior (Kcal/kg) |
|--------------------|--|--|----------------------------------|---------------------------|---------------------------------|--|
| T. Criciúma | 0,70 | 1,47 | 61,3 | 3,4 | 35,3 | 5114,5 |
| C. Var. % | 4,52 | 2,01 | 2,04 | 6,17 | 3,25 | 1,19 |
| T. Registro | 0,31 | 1,48 | 55,1 | 21,3 | 23,6 | 4152,1 |
| C. Var % | 6,01 | 1,88 | 1,45 | 3,08 | 2,20 | 4,78 |
| T. S. José C. | 0,82 | 1,49 | 52,4 | 18,9 | 28,7 | 4183,5 |
| C. Var % | 3,72 | 1,45 | 0,73 | 0,93 | 1,64 | 4,44 |
| E. grandis | 0,48 | 1,43 | 85,5 | 0,3 | 14,2 | 4387,8 |
| C. Var. % | 3,42 | 6,36 | 0,80 | 17,21 | 4,62 | 0,48 |

Os resultados das carbonizações bem como dos ensaios efetuados nos carvões de turfa e de madeira, acompanhados das respectivas análises estatísticas são apresentados na Tabela 2. Ilustrações desses resultados são apresentadas nas Figuras 1 a 4.

Tabela 2 - Resultados de médias e da análise da variação para diferentes características de carvão.

| Tratamento | Rendimento gravimétrico | | | Densidade aparente (g/cm ³) | Densidade verdadeira (g/cm ³) | Porosidade (%) | Matérias voláteis (%) | Cinzas (%) | Carbono fixo (%) | Poder calorífico superior (Kcal/kg) |
|-------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|---|---|----------------|-----------------------|------------|------------------|-------------------------------------|
| | Carvão % | Voláteis condens. (%) | Gases não condens. (%) | | | | | | | |
| T. Criciúma | 52,1 b | 20,6 b | 27,3 a | 0,87 a | 1,48 a | 41,0 b | 24,9 a | 7,2 c | 69,7 a | 665,2 a |
| T. Registro | 62,2 a | 18,3 b | 19,5 b | 0,41 b | 1,49 a | 72,5 a | 22,8 a | 35,6 a | 41,6 c | 4557,7 b |
| T. S. José | 62,4 a | 19,6 b | 17,8 b | 0,95 a | 1,45 a | 34,4 b | 24,6 a | 32,2 b | 43,2 c | 5093,3 b |
| E. grandis | 30,5 c | 52,5 a | 17,0 b | 0,32 c | 1,31 b | 75,5 a | 22,7 a | 0,9 d | 76,4 a | 7159,2 a |
| F Trat | 112,27** | 432,43** | 22,02** | 261,98** | 10,68** | 137,15** | 0,74 ns | 788,55** | 320,55** | 84,00** |
| C.V. (%) | 6,124 | 6,471 | 11,063 | 6,922 | 3,916 | 7,245 | 12,986 | 7,320 | 3,820 | 5,128 |
| M.G. | 51,8 | 27,9 | 20,4 | 0,64 | 1,43 | 55,8 | 23,7 | 19,0 | 57,3 | 5866,4 |

F Trat. = F de tratamentos da análise de variação

C.V. % = coeficiente de variação experimental

M.G. = significativo ao nível de 1%

** = significativo ao nível de 1%

n.s. = não significativo

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Figura 1. Rendimento gravimétrico de produtos da carbonização de turfa e de madeira.

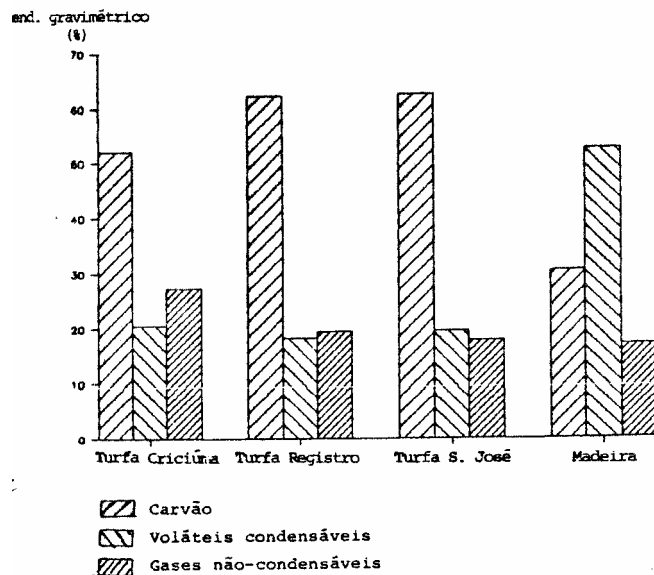


Figura 2. Densidade aparente e verdadeira dos carvões de turfa e de madeira

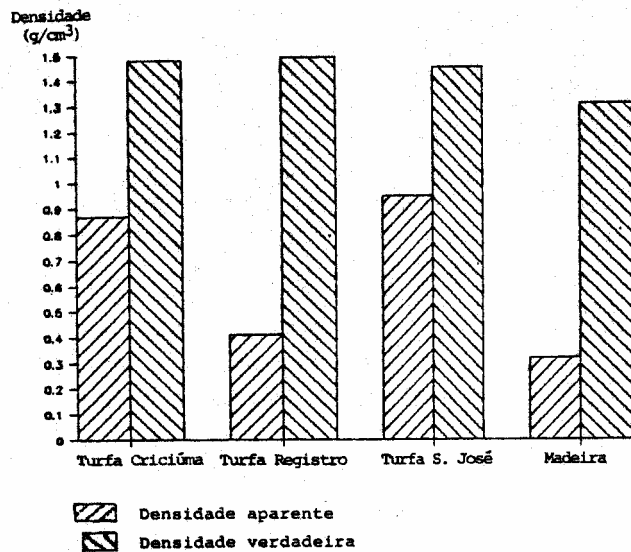


Figura 3. Composição imediata dos carvões de turfa de madeira.

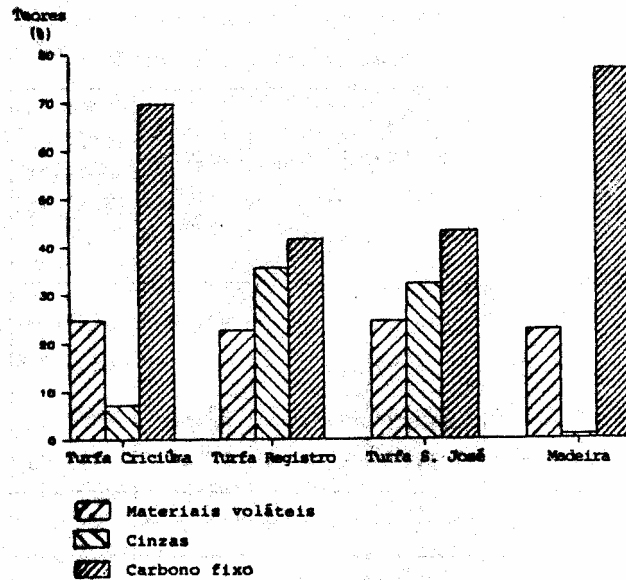
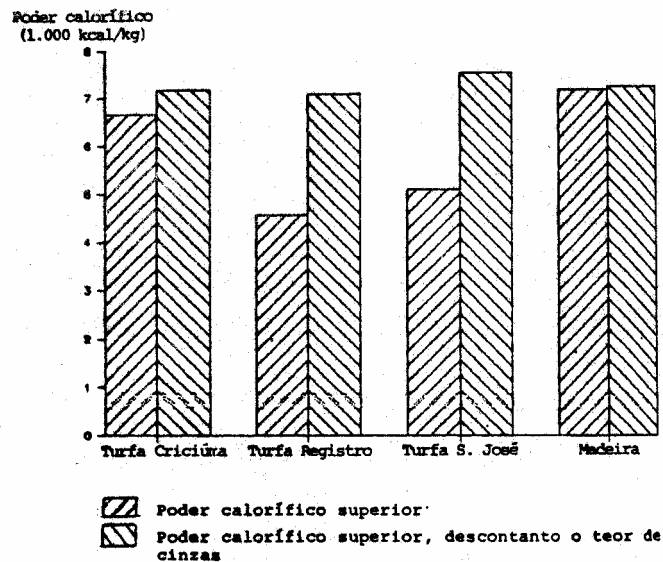


Figura 4. Poder calorífico superior dos carvões de turfa e de madeira.



Os resultados de rendimento gravimétrico de carvão de turfa apresentaram-se bem distintos em relação à madeira. Destaque-se que mesmo descontando-se a influência da cinza "como material inerte", o rendimento gravimétrico de carvão de turfa para as três origens estudadas, situaram-se próximo de 50%, valor este significativamente maior que o obtido na carbonização de madeira. Mencione-se que na literatura, os resultados obtidos por

LARBALÉTRIER (s.d.), indicam rendimento gravimétrico em carvão de turfa variando de 34 a 54%; FUCHSMAN (1980) carbonizando turfa a 450°C obteve 57,1% de produto sólido; CHRISTIASSON (1953), TRONT (1958) e Korchunov citado por FUCHSMAN (1980) carbonizando turfa à temperatura de 500°C, obtiveram rendimento em carvão sensivelmente maior que o observado para carbonização de madeira nesta mesma temperatura. O maior rendimento de carvão de turfa pode ser explicado pelo maior teor de carbono fixo encontrado no material de origem conforme observado na Tabela 1. Deve haver também influência direta do teor de lignina, pois Waskman citado por KIEHL (1985), mostra que em função do processo de formação de turfa, há uma tendência de nesta predominar ácidos graxos e lignina em relação a holocelulose. Mencione-se que há vários trabalhos na literatura mostrando uma influência positiva do teor de lignina no rendimento do carvão. Cite-se BRITO & BARRICHELO (1977), PETROFF & DOAT (1978), OLIVEIRA et alii (1982) e SILVA (1986).

Com relação ao rendimento em voláteis condensáveis e não-condensáveis, o comportamento foi inverso ao rendimento de carvão. As turfás geraram voláteis em quantidades significativamente menores que a madeira. Observe-se na Tabela 1, que a madeira apresentou um teor de voláteis mais elevado que as turfás e esta parece ser uma razão para explicar o maior rendimento em gases por parte da mesma durante a carbonização.

Com relação a densidade, os carvões de turfa apresentaram-se bem distintos em relação ao carvão de madeira. A turfa por apresentar originalmente maior densidade, resultou num carvão com densidade também maior que o obtido da madeira, concordando com trabalhos existentes na literatura em que se tem observado que a densidade do carvão tem grande correlação com a densidade do material de origem. Podem ser citados PETROFF & DOAT (1978), OLIVEIRA & ALMEIDA (1980) e BRITO & BARRICHELO (1982).

Fato interessante observado no presente trabalho foi o resultado da densidade aparente do carvão de turfa apresentar maior que o da matéria-original, contrastando com o ocorrido com o carvão de madeira, o qual apresenta-se com menor densidade aparente em relação a essa matéria prima. Uma explicação para tal ocorrido é que na madeira houve maior produção de voláteis durante a carbonização, daí gerando maior volume de vazios no carvão o que resultou numa sua menor densidade aparente. A turfa por sua vez, gerou menos voláteis, resultando em menor volume de poros e, portanto, maior densidade do carvão. Ademais, a estrutura das partículas do carvão de turfa provavelmente seja bem distinta daquela ocorrendo no carvão de madeira.

Outro fato interessante, é o do carvão de turfa da região de Registro-SP apresentar menor densidade em relação aos demais carvões de turfa. É que a própria turfa também apresentou menor densidade, possivelmente devido alta presença de resíduos vegetais como raízes e outros materiais orgânicos não-degradados. Provavelmente esta turfa seja menos decomposta, tanto é assim, que seu teor em carbono fixo foi menor que o das demais turfás.

A densidade verdadeira nos carvões de turfa foi bastante semelhante entre si, chamando a atenção no entanto, o fato desses valores não se alterarem em relação aos valores observados para a densidade do material de origem. Se for tomado em comparação o ocorrido para o carvão de madeira, era de se esperar uma redução na densidade verdadeira do carvão de turfa. As análises efetuadas no presente trabalho não permitiram obterem-se informações conclusivas sobre as razões do fato observado. Hipoteticamente, pode-se no entanto imaginar a ocorrência de alterações estruturais na turfa durante a sua

conversão a carvão, bastante distintas daquelas ocorrendo na madeira. Os teores de cinzas dos carvões talvez também possam ser explicações para tal. Mencione-se que em análises realizadas à parte, as cinzas de carvão de turfa apresentam densidade verdadeira girando em torno de $2,5 \text{ g/cm}^3$.

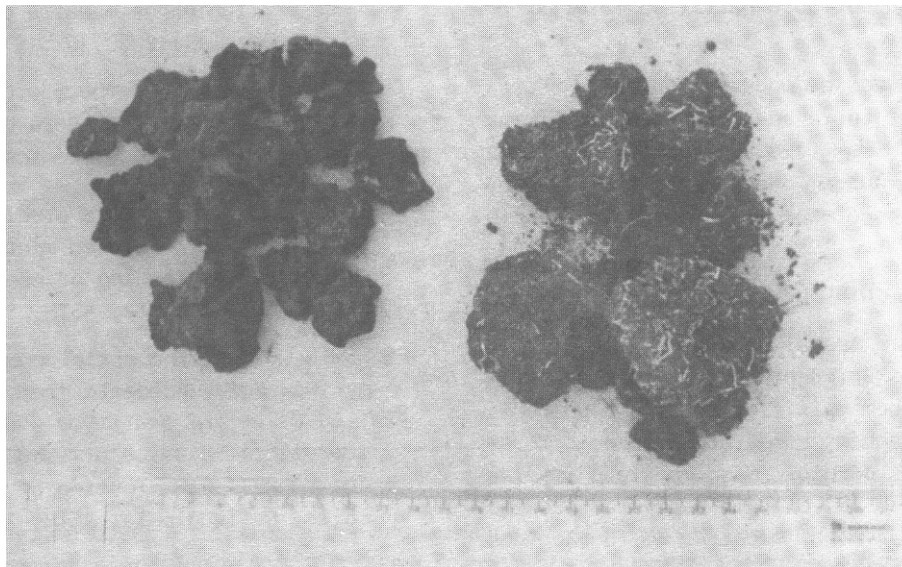


Foto 1. Carvão de turfa e turfa de origem.

Tratando-se dos resultados de composição imediata do carvão, todos os tratamentos mostram-se idênticos quanto aos teores de matérias voláteis. Em seu estado natural, a madeira apresentou-se com alto teor de voláteis. No entanto, ao ser degradada eliminou-os em grande quantidade resultando num carvão com baixo teor ao nível de se igualar aos apresentados pelos carvões de turfa. Quanto aos teores de cinzas nos carvões, eles foram bastante distintos entre os tratamentos, obviamente, acompanhando os teores observados nos materiais que os originaram. Analisando os teores de carbono fixo, o carvão de madeira sobressaiu-se por apresentar o teor mais elevado. É que neste caso não houve influência negativa do teor de cinzas como o observado nos carvões de turfa. Na mesma linha de raciocínio, dentre os carvões de turfa o carvão de Criciúma-SC, por ter menor teor de cinzas que os demais, apresentou um teor de carbono fixo mais elevado.

Com relação ao poder calorífico superior dos materiais originais ocorreu maior destaque para a turfa de Criciúma. Isto talvez possa ser explicado pelo fato dessa turfa apresentar o maior teor de carbono fixo dentre os materiais estudados e também o menor teor de cinzas entre as turfás. Muito provavelmente, as demais turfás resultariam também em valores de poder calorífico mais elevados e talvez maiores que o de madeira se, principalmente os seus teores de cinzas fossem menores. A madeira por sua vez em que pese o seu baixo teor de cinzas, apresentou o menor teor de carbono fixo dentre os materiais.

No caso do poder calorífico superior dos carvões, os mesmos tipos de considerações envolvendo teores de carbono fixo e de cinzas podem explicar os resultados obtidos. O carvão de madeira apresentou o maior valor e dentre os carvões de turfa destacou-se o obtido a partir do material de Criciúma.

Os resultados de poder calorífico superior dos carvões de turfa aparentemente não foram elevados, pois FUCHSMAN (1980) carbonizando turfa a 450°C obteve carvão com poder calorífico de 6.932 Kcal/kg, mas não especificando o teor de cinzas.

CONCLUSÕES

Do presente trabalho pode-se concluir que as turfás estudadas apresentaram rendimento gravimétrico de carvão bem mais elevado que o da madeira. Seus carvões também, comparativamente, foram mais densos e menos porosos. Na composição imediata, apenas os teores de voláteis estiveram próximo ao obtido para o carvão de madeira. Em função dos maiores teores de cinzas, os carvões de turfa apresentaram menores teores de carbono fixo. Os teores de cinzas induziram também a que estes carvões apresentassem menores valores de poder calorífico superior.

Dentre as três origens de turfa, a que mais se destacou em relação às características analisadas foi a turfa da região de Criciúma-SC.

Finalmente, e de um modo geral, pode-se concluir que a turfa é um material que apresenta potencial para sua conversão a carvão vegetal. É necessário no entanto o prolongamento de estudos que visem melhores avaliações das exigências das condições de termo de gradação desse material e, que são bastante distintas daquelas exigidas para a madeira.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem as empresas Companhia Energética do Estado de São Paulo (CESP), Cerâmicas Criciúma S.A. e Companhia Serrana de Mineração S.A. pelas facilidades materiais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACAVE. **Anuário estatístico**. Belo Horizonte, 1986. 12p.

ABNT. Norma técnica NBR 8112. Rio de Janeiro. 1983.

ABNT. Norma técnica NBR 8633. Rio de Janeiro. 1985.

BERTHELOT, T. & KLING, M.A. **La tourbe**: exploitation et conditionnement. Paris, Dunod, 1943. 219p.

BRITO, J.O. & BARRICHELO, L.E.G. Aspectos técnicos da utilização da madeira como combustível. In: SEMINÁRIO DE ABASTECIMENTO INDUSTRIAL COM RECURSOS FLORESTAIS, 2. São Paulo, 1982. **Palestras apresentadas**. p.101-37.

BRITO, J.O. & BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal. 1. Densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto. **IPEF**, Piracicaba, (14): 9-20, jul.1977.

- CHRISTIASSON,B. Low temperature carbonization of peat and constitutes. Acta polytech. Chemi. Ser., 3(6): 7-28, 1953. Apud. **Chemical abstract**, 48(11): 5080d, 1954.
- COHEN,A.D. Obtaining more precise descriptions of peat by use of oriented microtome sections. In: JARRETT,P.M. **Testing of peats and organic soils**. Philadelphia, ASTM, 1983. p.37-51.
- FUCHSMAN,C. **Peat industrial chemistry and technology**. New York, Academic Press, 1980. 192p.
- KEYS,D. Effect of peat type and decompositions on the calorific value of some New Brunswick peats. In: JARRETT,P.M. **Testing of peats and organic soils**. Philadelphia, ASTM, 1983. P.111-21.
- KUMOTO,E.T.; COSTANZO Jr., J. & MONTICELLI,J.J. **Minerais energéticas: carvão, turfa e rochas oleigenas**. São Paulo, CESP, 1985. 85p.
- LARBALÉTRIER,A. **La torbe et les tourbières**. Paris, Masson et Cie., s.d. 189p.
- LEMASTERS,G.S.; BARTELL,L.J. & SMITH,M.R. Characterization of organic soil as energy sources. In: JARRETT,P.M. **Testing of peats and organic soils**. Philadelphia, ASTM, 1983. P.122-37.
- MATTAR,H. & DELAZARO,W. Peat as an energy alternative in the State of São Paulo. **Symposium papers of peat as an energy alternative. Institute of Gas Technology**, 1980.
- OLIVEIRA,J.B. et alii. Produção de carvão vegetal aspectos técnicos. In: FUNDAÇÃO CETEC. **Produção e utilização de carvão vegetal**. Belo Horizonte, 1982. P.59-74.
- OLIVEIRA,L.T. & ALMEIDA,M.R. Avaliação de carvão vegetal. In: FUNDAÇÃO CETEC. **Uso da madeira para fins energéticos**. Belo Horizonte, 1980. P.45-53.
- PETROFF,G. & DOAT,J. Pirolise des bois tropicaux: influence de la composition chimique des bois sur les produits de distillation. **Bois et forêts de tropiques**, Nogent-sur-Marne, (117): 51-64, jan./fev.1978.
- SILVA,J.C. **Endocarpos de babaçu e macaúba, comparados à madeira de Eucalyptus grandis para a produção de carvão vegetal**. Piracicaba, 1986. 124p. (Tese-Mestrado-ESALQ).
- SUSCZYNSKI,E.F. Turfa, o novo combustível nacional. **Energia fontes alternativas**, São Paulo, 4(2): 6-61. 1982.
- TRONT,G. Pilot-plant peat carbonization design of industrial furnaces. *Torfa*, 3(2): 23-31, 1958. Apud **Chemical abstracts**, 53: 3658c, 1959.