



INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS  
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA DA E.S.A.L.Q. - USP

SÉRIE TÉCNICA

**CONSIDERAÇÕES SOBRE A PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL  
COM MADEIRAS DA AMAZÔNIA**

JOSÉ OTÁVIO BRITO  
LUIZ E. G. BARRICHELO

# **Considerações sobre a produção de carvão vegetal com madeiras da Amazônia**

## **SUMÁRIO**

1. Generalidades sobre carbonização de madeiras
  - 1.1. Definição de carbonização e destilação seca da madeira
  - 1.2. Evolução da carbonização ou destilação seca da madeira
  - 1.3. Os produtos formados na destilação
2. Processos de carbonização ou destilação seca da madeira
  - 2.1. Sistema SIFIC (Lambiotte)
3. As madeiras da Amazônia e a destilação seca
4. Considerações finais sobre sistemas de produção de carvão vegetal na Amazônia
5. Referências Bibliográficas

# CONSIDERAÇÕES SOBRE A PRODUÇÃO DE CARVAO VEGETAL COM MADEIRAS DA AMAZÔNIA

*José Otávio Brito\**  
*Luiz E. G. Barrichelo\**

## RESUMO

O presente trabalho consta de uma descrição geral sobre carbonização ou destilação seca de madeiras, abordando aspectos relativos aos produtos formados tais como: carvão, licor pirolenhoso e gases não-condensáveis. São abordados também detalhes sobre alguns processos de carbonização ou destilação seca da madeira.

Com relação às madeiras da Amazônia enfoque é dado às suas propriedades físicas e químicas e às influências na obtenção de produtos do processo de carbonização. São citados resultados de literatura de estudos realizados sobre carbonização de madeiras da região. Finalmente são feitas considerações sobre sistemas de produção de carvão vegetal na Região Amazônica.

## CHARCOAL PRODUCTION FROM SOME AMAZONIAN WOODS

### SUMMARY

This paper deals with the general description of wood distillation products such as charcoal, pyrolytic acid and non-condensed gases. Also, details on some wood distillation processes are approached.

Emphasis is given to the influence of physical and chemical properties of some Amazonian wood on the products in the charcoal production. Literature survey of studies on charcoal production of Amazonian woods is presented. Finally some contributions on systems of charcoal production in the Amazon region are presented.

### 1. GENERALIDADES SOBRE CARBONIZAÇÃO DE MADEIRAS

A fabricação de carvão vegetal é prática conhecida desde longa data na história da humanidade havendo referências de sua fabricação há vários séculos. Mas o grande desenvolvimento sofrido pela indústria do carvão vegetal ocorreu mesmo durante o curso da 2ª Guerra Mundial. Nesse período, diversos cientistas e técnicos europeus dedicaram uma parte de suas atividades ao estudo da obtenção do carvão vegetal. Os objetivos eram múltiplos: fornecimento de matéria-prima para a indústria, produção de carvão para gasogênios, síntese de combustíveis, etc. Tais estudos foram mais ou menos abandonados após 1945 e a economia mundial se voltou para o petróleo.

Sob o plano industrial, alguns países privados de petróleo e distantes dos centros de produção, tais como Brasil e Austrália, se interessam ainda pela produção de carvão vegetal destinado ao tratamento de minérios nos altos-fornos e, mais recentemente, também destinado ao abastecimento energético em geral.

---

\* Professores do Departamento de Silvicultura – ESALQ/USP.

Sob o plano de consumo corrente, a moda das churrasqueiras e outras formas de cozinha campestre faz com que uma pequena quantidade de carvão vegetal seja utilizada novamente nos países com alto grau de desenvolvimento.

### 1.1. Definição de carbonização e destilação seca da madeira

A carbonização consiste em aquecer ao abrigo do ar uma matéria-prima, no caso a madeira, até sua decomposição parcial. O resultado desse tratamento é a obtenção de uma parte de carvão vegetal e, de outra parte, produtos voláteis, condensáveis ou não, denominados produtos da destilação da madeira. Daí o fato de serem empregados dois termos equivalentes para o mesmo processo químico: "carbonização" quando se visa a obtenção de carvão vegetal como produto mais importante ou "destilação seca" se a recuperação de produtos químicos representa um fator econômico importante do processo.

### 1.2. Evolução da carbonização ou destilação seca da madeira

A teoria da destilação é bastante conhecida sendo que em nada se alterou em seu princípio fundamental. As inovações introduzidas nos processos se referem na quase totalidade aos aparelhos empregados.

Uma destilação típica em laboratório, em retorta com aquecimento externo, poderia ser descrita baseada na análise da tabela 1.

Até 200°C sairá da retorta quase que exclusivamente vapor d'água. É o período de secagem da água de embebição.

No intervalo entre 270 e 300°C, dá-se a reação química de carbonização, que é exotérmica e se caracteriza por forte desprendimento de gases, na maior parte de ácido acético, álcool metílico e frações leves de alcatrão, bem como gases combustíveis.

Nesta fase exotérmica há a liberação de cerca de 210 calorias por quilo de madeira.

No intervalo de 300 e 600°C, à medida que a temperatura for subindo, diminuirão os grandes volumes de gases que serão agora compostos na sua maior parte de frações médias e pesadas de alcatrão.

A reação exotérmica seria suficiente para terminar por si só o processo de destilação seca da madeira se a massa lenhosa, toda ela, se encontrasse desidratada e a mesma temperatura. Esta condição, entretanto, é bastante difícil de se realizar em aparelhos de produção industrial.

Acima de 600°C inicia-se a chamada fase do hidrogênio com a formação de pouca quantidade de gases (altamente hidrogenados). É a fase em que o carvão começa a se dissociar.

Tabela 1. Evolução da destilação seca da madeira.

Pedido de carbonização	Saída de água	Saída de gases oxigenados	Início da saída de hidrocarbonetos	Fases de hidrocarbonetos $C_nH_n$	Dissociação	Fases do hidrogênio
Temperatura (°C)	150-200	200-280	280-380	380-500	500-700	700-900
Teor e carbono (% do carvão)	60	68	78	84	89	91
Gases não-consideráveis (%)						
. CO <sub>2</sub>	68,0	66,5	35,5	31,5	12,2	0,5
. CO	30,0	30,0	20,5	12,3	24,6	9,7
. H <sub>2</sub>	0,0	0,2	6,5	7,5	42,7	80,9
. Hidrocarbonetos	2,0	3,3	37,5	48,7	20,5	8,9
Poder calorífico por m <sup>3</sup> de gás, em calorías	1.100	1.210	3.920	4.780	3.630	3.160
Constituintes condensáveis no gás	vapor d'água	vapor d'água e ácido acético	ácido acético alcohol metílico alcatrão leve	muito alcatrão pesado	alcatrão	pouco condensação
Quantidade de gás	muito pouca	pouca	importante	importante	pouca	muito pouca

### 1.3. Os produtos formados na destilação

Distingem-se 3 produtos básicos formados durante a destilação:

- carvão vegetal
- produtos condensáveis
- produtos gasosos

#### 1.3.1. Carvão vegetal

Carvão vegetal é o termo genérico do produto sólido obtido da carbonização da madeira. Mas, segundo as técnicas para sua obtenções e o uso para o qual ele é destinado, pode-se obter carvões muito diferentes. O rendimento em carvão vegetal gira em torno dos limites de 25 a 35% com base na madeira seca.

Os principais tipos de carvão são:

- a) Carvão para uso doméstico: o carvão não deve ser muito duro, deve ser facilmente inflamável e deve emitir o mínimo de fumaça. Sua composição química não tem importância fundamental. Esse carvão pode ser obtido a baixas temperaturas (350-400°C).
- b) Carvão metalúrgico: utilizado na redução de minérios de ferro em altos-fornos, fundição, etc. A preparação desse carvão demanda técnicas mais elaboradas. A carbonização deve ser conduzida a alta temperatura (650 °C no mínimo) com uma duração de processo bastante longa. As exigências de qualidade para este tipo de carvão são bastante severas. Do ponto de vista mecânico, ele deve ser denso, pouco friável e ter uma boa resistência. Do ponto de vista da composição química, a taxa de

materiais voláteis e cinzas deve ser baixa. O carvão deve ter no mínimo 80% de carbono.

- c) Carvão para gasogênio. Força motriz: os critérios de caracterização são menos severos que os precedentes. O carvão não deve ser muito friável, sua densidade aparente não deve ultrapassar 0,3 e deve ter um teor em carbono de 75%.
- d) Carvão ativo: usado para descoloração de produtos alimentares, usos médios, desinfecção, purificação de solventes, etc. O carvão deve ser leve e ter uma grande porosidade. Para aumentar o poder absorvente, certos tratamentos preliminares da madeira podem ser efetuados.
- e) Carvão para a indústria química: as exigências variam segundo o uso do carvão, mas de modo geral exige-se evidentemente uma boa pureza ligada a uma boa reatividade química.
- f) Outros usos: carvão para a indústria de cimento (produto pulverizado e com boa inflamabilidade, etc.).

### 1.3.2. Produtos condensáveis

Tais produtos são representados pela água (no mínimo  $\frac{3}{4}$  da totalidade dos produtos condensáveis), seguido pelo ácido acético, álcool metílico, acetona e alcatrões. Normalmente os produtos condensáveis se separam por repouso, em duas camadas: uma camada inferior formada por alcatrão bruto onde o creosoto é o constituinte mais importante e uma camada superior aquosa, onde são encontrados o ácido acético, álcool metílico, acetona e alcatrões solúveis dissolvidos em 80-85% de água. Essa camada é denominada de ácido ou licor pirolenhoso.

Em termos de rendimento os valores encontrados para estas duas frações tem estado compreendidos entre 40 e 45% para o caso do ácido pirolenhoso e 5% a 15% para o alcatrão, com base na madeira seca.

A tabela 2 fornece alguns teores médios de produtos condensados na destilação seca de misturas de madeiras de coníferas, de folhosas de zonas temperadas e folhosas de zonas tropicais.

Tabela 2. Produtos condensados na destilação seca de misturas de madeiras (expressos em % de madeira seca).

Madeira	Ácido acético	Metanol	Acetona	Alcatrão
Coníferas européias	2 - 3,5	0,4 - 0,9	0,18 - 0,20	10 - 20
Folhosas temperadas	5 - 8	1,6 - 2,5	0,20	6 - 8
Folhosas tropicais	2 - 6	0,7 - 2,5	0,15 - 0,20	4 - 14

Fonte: *DOAT & PETROFF (1975)*

### 1.3.3. Produtos gasosos

O volume e a composição dos gases não-condensáveis bem como os demais produtos da destilação dependem da madeira e da técnica de carbonização

empregada. A destilação seca da madeira fornece em média de 15 a 20% de seu peso em gás. Seu poder calorífico a 15°C corresponde em média a 1.300 calorias/m<sup>3</sup>.

A composição química quantitativa média desses gases é mostrada na tabela 4.

Tabela 4. Composição química média dos produtos gasosos da destilação seca da madeira.

Produto	Porcentagem
Gás carbônico (CO <sub>2</sub> )	60,0
Monóxido de carbono (CO)	30,0
Metano (CH <sub>4</sub> )	3,0
Hidrogênio (H <sub>2</sub> )	3,0
Vapores de ácido pirolenhoso	1,5
Outros	2,5

Dos produtos passíveis de serem obtidos a partir da destilação seca da madeira, o carvão tem sido tradicionalmente o mais importante e, como visto anteriormente, ele possui uma série de utilizações. No entanto, hoje, cresce cada vez mais o interesse pelo aproveitamento industrial dos demais produtos da destilação seca da madeira.

A França foi um dos países pioneiros na carbonização de madeira. Atualmente, essa indústria sobrevive baseada quase exclusivamente na obtenção de uma gama de produtos a partir do alcatrão e ácido pirolenhoso. O carvão vegetal é que é considerado sub-produto e vendido para outras finalidades que não o alto-forno.

Como pode ser observado na tabela 5 são bastante amplas as possibilidades de utilização dos produtos da destilação seca da madeira.

Tabela 5. Possíveis utilizações dos produtos da destilação seca da madeira.

Produto	Usos
Carvão.....	Metalurgia e Siderurgia Carvão ativo Combustível Indústria carboquímica Agente filtrante e descolorante
Pirolenhoso - Metanol.....	Solvente de vernizes e tintas. Síntese de formaldeído
- Ácido acético.....	Fabricações de acetatos. Síntese orgânica de corantes, produtos farmacêuticos
- Acetona.....	Solvente, Resinas, Vernizes e Plásticos
Alcatrão.....	Combustível, Dissolvente, Desinfetantes, Produtos farmacêuticos, Preservação de madeiras, Aromatizante
Gases combustíveis.....	Combustível, Geração de eletricidade

Fonte: Adaptado de *PANDOLFO (1977)*

## 2. PROCESSOS DE CARBONIZAÇÃO OU DESTILAÇÃO SECA DA MADEIRA

Os processos conhecidos para a carbonização da madeira são basicamente dois. O primeiro é o mais antigo e no correr dos séculos sofreu grande número de modificações em seu aparelho, sua forma e capacidade, e também nos dispositivos especiais para melhorar sua performance. Denomina-se "Processo de Combustão Parcial". Como o nome indica é um processo em que determinada quantidade de madeira é queimada, com o objetivo de produzir calor para aquecer e carbonizar o restante. Como sistema mais simples e seus aparelhos são fáceis de construir e manipular. Neste sistema se classificam as covas, caieiras ou balões, fornos de encosta e os fornos de superfície.

A chaminé foi a mais importante das inovações introduzidas nos aparelhos de carbonização por processo de combustão parcial. Com tal artifício se conseguiu melhor balanço técnico na carbonização com aproveitamento de gases quentes produzidos, que são conduzidos através da lenha ainda fria. A chaminé, por si só, desde que convenientemente localizada, representa uma economia de 4 até 24% do peso ou volume de madeira enforada.

Em nossas condições utiliza-se amplamente o processo de combustão parcial para a produção de carvão vegetal. É em aparelhos desse processo que está baseada toda a produção brasileira. Desses aparelhos, o forno de encosta e o forno de superfície são os mais utilizados, sendo apregoadas algumas vantagens para o segundo.

O forno de encosta ou de barranco, como também é chamado, é formado por um cilindro que suporta uma abóboda com as dimensões tais que resultam num volume nominal médio de 2418 m<sup>3</sup> e com condições de enforamento de 21,6 m<sup>3</sup> de madeira (foto 1). A parte cilíndrica do forno é construída embutida no barranco, daí seu nome. Possui três chaminés por onde se dá a saída de gases. É construído em alvenaria, é fixo e de produção descontínua.

O processo de produção de carvão em tais fornos apresenta ciclo médio de 8 a 10 dias para uma produção de 8 a 10 m<sup>3</sup> de carvão ou seja, em média, uma produção de 0,40 kg carvão / m<sup>3</sup> hora.

O forno de superfície (foto 2) é semelhante ao forno de encosta quanto ao formato, diferindo deste apenas pelo fato de não ser construído embutido no barranco, possuir maiores dimensões e maior número de aberturas para o exterior para o controle do processo. Tem sofrido algumas modificações no que diz respeito à localização e número de chaminés. Hoje, a conversão dos fornos tradicionais de 6 chaminés para 1 única chaminé central ou lateral é bastante apregoada no sentido da melhoria das condições de produção de carvão vegetal. Seu ciclo médio de produção é de 8 a 10 dias para uma produção de 19 a 20 m<sup>3</sup> de carvão, ou seja, em média, uma produção de 0,42 kg carvão/m<sup>3</sup> hora.

O segundo processo, que é de origem mais recente, diversificou-se grandemente a partir do século passado, pela quantidade de aparelhos e pelo aproveitamento dos subprodutos da destilação; é o denominado "Processo de aquecimento por fonte externa de calor" ou simplificadaamente "Processo sem combustão".

No citado processo, normalmente o aquecimento é feito por meio de gases quentes como veículo de calor, e que podem denominar-se internos quando atravessam a madeira a ser carbonizada e externos quando não entram em contacto com a mesma. Existe uma grande variedade de aparelhos dotados de formas e dispositivos os mais variados, os quais além de carbonizar com grande rendimento permitem o aproveitamento de subprodutos.

A maior vantagem do processo é o bom aproveitamento térmico. De fato, tratando-se de instalações fixas e de grande produtividade, tornou-se possível economicamente a manutenção de grandes pátios de estocagem ou a construção de secadores industriais, os quais permitem que a madeira chegue ao forno com um mínimo de umidade.



Foto 1. Forno de Encosta



Foto 2. Forno de Superfície

Da série de sistemas desenvolvidos com base no processo sem combustão, a título de exemplo, destaca-se o Sistema SIFIC (Lambiotte), que é descrito a seguir.

### 2.1. Sistema SIFIC (Lambiotte)

O sistema SIFIC (Société Industrielle Financière pour l'Industrie Chimique) foi desenvolvido na França, existindo instalações nesse país, bem como na Austrália, Bélgica, Espanha e Checoslováquia. Trata-se de um sistema altamente automatizado e de grande produtividade.

O equipamento principal é constituído pelo forno, que é uma retorta de chapa metálica, cilíndrica, com 1,75 a 3,00 m de diâmetro e 20 a 22 m de altura. Para a secagem da madeira há uma instalação especial à parte (secador), composta por um cilindro vertical de 6 m de diâmetro e 18 m de altura, dotado de "skips" para carregamento pelo topo, e de um mecanismo para descarga de madeira seca na parte baixa.

O processo é contínuo e permite recuperar, além do carvão, sub-produtos tais como: ácido acético, acetona, metanol, alcatrões e outros.

No forno de carbonização, o carregamento é feito pela parte superior, em cargas regulares com controles automáticos. A descarga do carvão é feita pela base, sendo que esta parte inferior funciona como câmara de resfriamento.

O aquecimento do forno é feito mediante a passagem de gases não-condensáveis queimados, recuperados do processo.

A unidade de produção com 2 fornos de carbonização localizada em Premery na França tem uma produção diária seguinte:

secador – madeira com 40% de umidade – 180 t.

fornos – carvão – 47 t.

Uma tonelada de madeira úmida produz:

carvão – 200-210 kg

alcatrão – 90-100 kg

ácido acético – 40-45 kg

metanol bruto – 14-17 kg

metanol puro – 9-10 kg

É importante ressaltar que o Sistema SIFIC é aquele que tem mostrado os melhores resultados quanto ao processo industrial de produção de carvão vegetal e outros produtos da destilação seca. No mínimo o sistema possui uma tradição industrial bastante grande, com unidades em funcionamento contínuo há mais de 20 anos e hoje ainda econômica e tecnicamente bastante produtivas.

Existe uma série de outros sistemas desenvolvidos ou em desenvolvimento no mundo, mas a maioria deles ou não foram demonstrados ainda em escala industrial ou exigem condições muito especiais de funcionamento (material na forma de serragem, cavacos, etc.).

## 3. AS MADEIRAS DA AMAZÔNIA E A DESTILAÇÃO SECA

A madeira sob todas as formas pode ser utilizada na destilação seca, seja para a obtenção de carvão vegetal, seja para a obtenção de outros produtos. De um modo geral as

peças de madeira devem estar bem secas e não atacadas por fungos (madeiras podres), o que pode resultar em rendimentos inferiores em carvão e produtos de destilação.

A composição elementar da madeira varia pouco com a espécie, tanto é que pode-se admitir que a madeira ainda contenha:

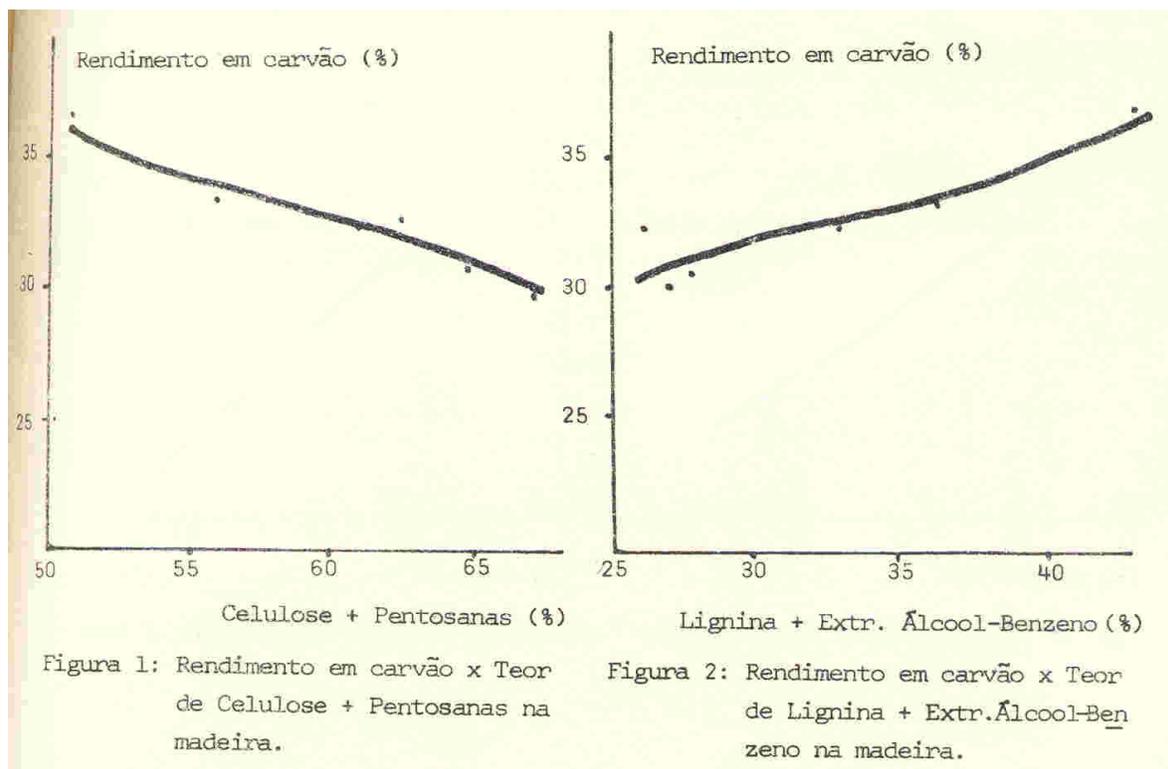
- 49-50% de carbono
- 6% de hidrogênio
- 44% de oxigênio
- 0,1 a 0,5% de nitrogênio

Contudo, segundo a natureza da espécie ou lugar de coleta, as madeiras podem apresentar teores variáveis de materiais minerais (Ca, Mg, Na, K, Fé, Si, P, S, etc.).

Se a composição elementar da madeira é sensivelmente constante, o mesmo não ocorre com seus constituintes químicos que são:

- lignina – 22 a 40%
- celulose – 30 a 50%
- pentosanas – 9 a 28%
- mananas e galactanas – 0 a 12%
- produtos extratáveis – 0,2 a 20%

Já se encontra mais ou menos comprovado que a composição química da madeira influi sobre os rendimentos dos produtos da destilação seca. As figuras de 1 a 7 mostram o comportamento esperado das madeiras quanto às suas composições químicas e os produtos obtidos da destilação, de acordo com *PETROFF & DOAT (1978)*.



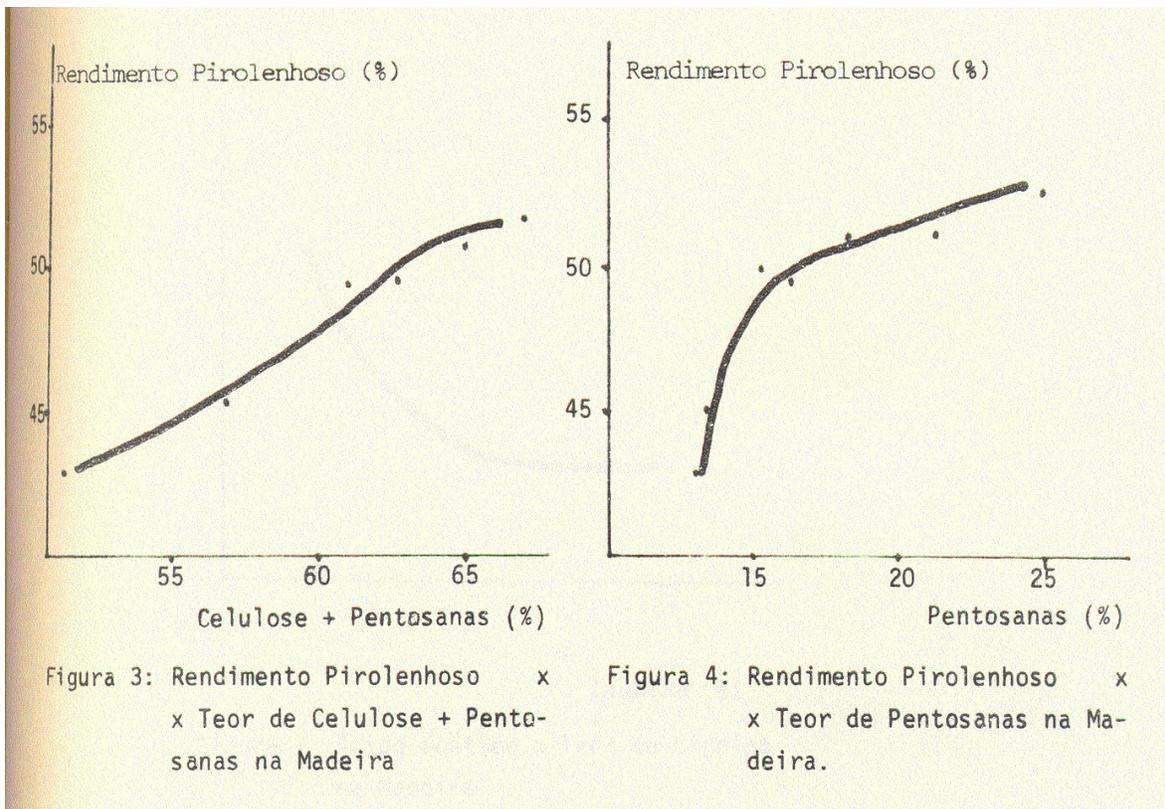


Figura 3: Rendimento Pirolenhoso x Teor de Celulose + Pentosanas na Madeira

Figura 4: Rendimento Pirolenhoso x Teor de Pentosanas na Madeira.

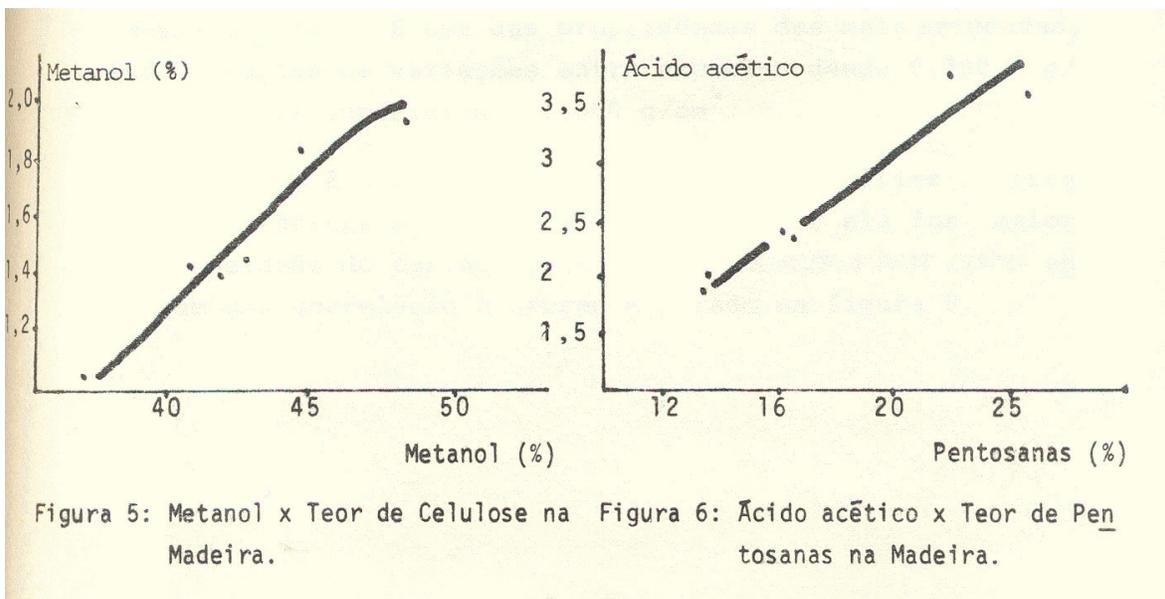
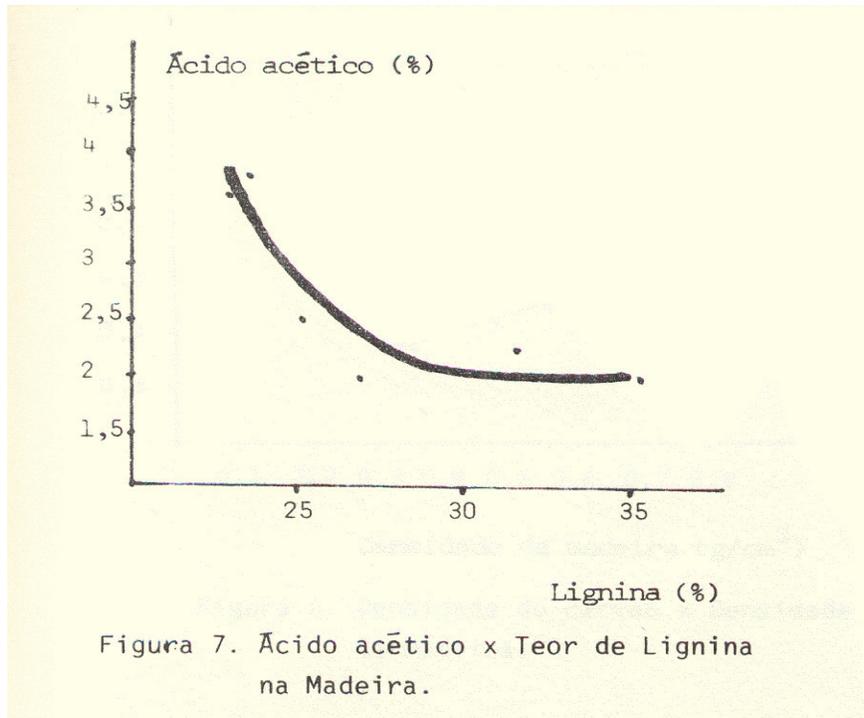


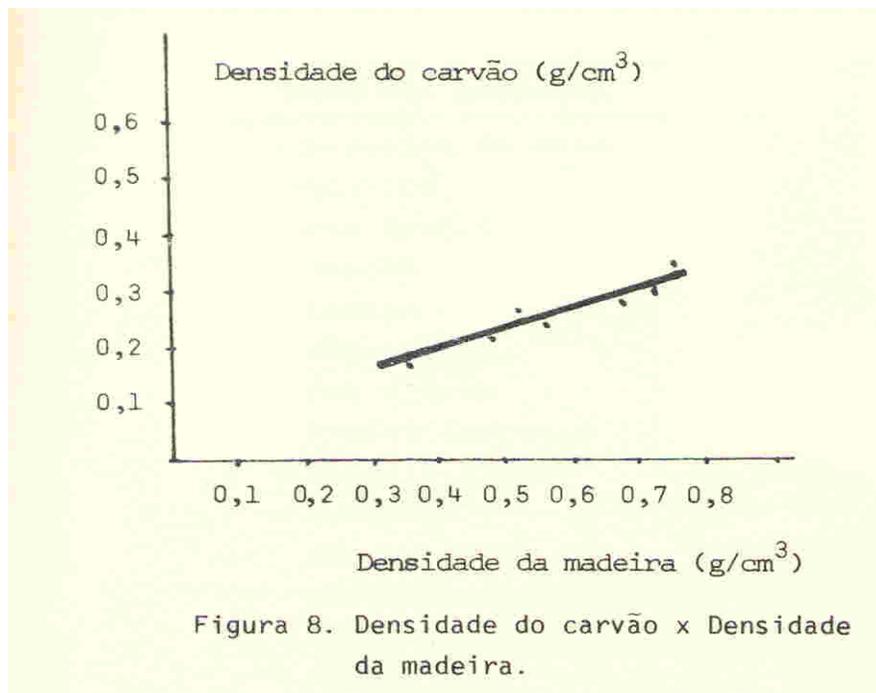
Figura 5: Metanol x Teor de Celulose na Madeira.

Figura 6: Ácido acético x Teor de Pentosanas na Madeira.



A densidade deve ser destacada dentre as propriedades físicas que sofrem maiores variações na madeira. Essa variação ocorre entre espécies, entre árvores ou mesmo dentro de uma mesma árvore. É uma das propriedades das mais estudadas, havendo citações de variações entre espécies desde  $0,200 \text{ g/cm}^3$  até valores superiores a  $1,000 \text{ g/cm}^3$ .

Com relação à densidade da madeira existem várias citações bibliográficas mostrando que quanto maior ela for maior será a densidade do carvão resultante. *PETROFF & DOAT (1978)* encontraram uma correlação conforme mostrado na figura 8.



Em se tratando de madeiras da Amazônia, dada a diversidade de espécies arbóreas existentes, é de se esperar uma variação bastante intensa no que diz respeito à propriedades químicas e físicas de suas madeiras. Evidentemente, tal fato irá refletir diretamente sobre os rendimento e propriedades dos produtos da destilação seca.

Há uma escassez relativamente grande de informações acerca das propriedades das madeiras da Região Amazônica para a produção de carvão vegetal e outros produtos da destilação seca.

Um dos poucos estudos expressivos existentes na literatura sobre o uso de madeiras da Amazônia, em processos de destilação seca, foi aquele efetuado pelo Centre Technique Forestier Tropical (C.T.F.T.) da França em 1972, sob encomenda da SUDAM. Foi um trabalho em que se procederam ensaios sobre 20 espécies de madeiras da região de Conceição do Araguaia e Paragominas, segundo a relação mostrada na tabela 6.

Tabela 6. Relação de espécies da Amazônia testadas em carbonização pelo C.T.F.T.

Nome das madeiras
Sucupira da Mata
Aroeira
Pau Brasil
Jatobá
Landin
Moreira
Pau d'Arco
Amesca Amoreira
Gonçalo Alves
Garapia
Guajara-Miri
Guajara-Bolacha
Murta-Vermelha
Ripero
Amesca
Louro-Canela
Maçaranduba
Cavalo-Melado
Sapucaia
Jitai

Apesar das madeiras escolhidas para o estudo terem valor econômico bem mais significativo para outros fins que a produção de carvão vegetal, os resultados servem como elementos indicativos.

As madeiras foram testadas individualmente e em misturas. As destilações foram realizadas à temperatura máxima de 500°C. Os rendimentos obtidos na destilação da mistura das 20 espécies de madeiras são mostrados na tabela 7. A título comparativo, os valores encontrados nas mesmas condições para madeira de *Eucalyptus saligna*, *Gmelina arborea* e uma mistura de madeiras folhosas francesas são fornecidos na mesma tabela.

Tabela 7. Rendimentos dos produtos de destilação seca de madeiras da Amazônia.

Rendimentos (%)	Madeira da Amazônia	Folhosas Francesas	<i>Gmelina arbórea</i>	<i>Eucalyptus saligna</i>
Carvão	33,7	30,1	30,6	32,4
Pirolenhoso	48,8	53,1	50,1	49,7
Gases não-condensáveis	17,7	15,1	17,7	14,7

Fonte: Adaptado de *PANDOLFO (1977)* e *PETROFF & DOAT (1978)*

Nota-se na tabela anterior que as folhosas tropicais amazônicas dão rendimentos superiores em carvão que as demais espécies. O mesmo ocorreu em relação aos gases não-condensáveis. Como consequência desses fatos, o teor de produtos condensáveis apresentou-se como um valor inferior.

Reportando-se especificamente ao carvão, pode-se verificar a título de ilustração o que ocorre com algumas de suas propriedades em função da variabilidade entre as espécies. A tabela 8 mostra resultados de densidade da madeira e densidade de friabilidade do carvão.

Tabela 8. Densidade das madeiras e densidade e friabilidade dos carvões.

Espécie	Densidade Madeira	(g/cm <sup>3</sup> ) Carvão	Friabilidade
Sucupira da Mata	0,85	0,66	Friabilidade média
Aroeira	1,10	0,73	Bastante friável
Pau Brasil	0,85	0,62	Friabilidade média
Jatobá	0,70	0,45	Pouco friável
Landin	0,70	0,47	Friabilidade média
Moreira	0,75	0,47	Friabilidade média
Pau d' Arco	1,00	0,78	Friabilidade média
Amesca Amoreira	0,80	0,53	Friabilidade média
Gonçalo Alves	0,75	0,45	Friabilidade média
Garapia	0,75	0,50	Friabilidade média
Guajara-Miri	0,85	0,60	Friabilidade média
Guajara-Bolacha	0,90	0,69	Bastante friável
Murta-Vermelha	0,95	0,59	Friabilidade média
Ripero	0,90	0,64	Friabilidade média
Amesca	0,65	0,44	Friabilidade média
Louro-Canela	0,65	0,44	Pouco friável
Maçaranduba	1,05	0,72	Bastante friável
Cavalo-Melado	0,85	0,52	Friabilidade média
Sapucaia	0,85	0,57	Friabilidade média
Jitai	1,05	0,70	Friabilidade média

Fonte: *C.T.F.T./SUDAM (1972)*

Observa-se na tabela anterior a variabilidade nas densidades das madeiras de um mínimo de 0,65 g/cm<sup>3</sup> até 1,10 g/cm<sup>3</sup>, com reflexos de mesma proporção em seus carvões.

Nota-se que as madeiras mais densas resultaram em carvões mais densos. Mas, de uma forma geral, as densidades são médias tendendo para baixa.

As espécies testadas mostraram carvões que podem ser considerados de friabilidade média, isto é, se quebrarão facilmente durante transporte e manuseio o que poderá acarretar perdas importantes sob a forma de pó.

Recentemente, o Setor de Química, Celulose e Energia do Depto. de Silvicultura da ESALQ/USP realizou estudos sobre destilação seca de madeiras da Região amazônica. Os estudos objetivaram a análise das características das madeiras não destinadas ao processamento mecânico (serraria) e que seriam consideradas como resíduos da exploração. Esse material representaria o principal potencial de madeira para a destilação seca em termos quantitativos. No total foram testada 67 espécies e alguns resultados relativos à densidade da madeira e rendimento e densidade do carvão de algumas delas são mostrados na tabela 9.

Tabela 9. Valores da densidade da madeira, rendimentos e densidade do carvão de madeiras do Maranhão.

Espécie	Densidade da madeira (g/cm <sup>3</sup> )	Rendimento em carvão (%)	Densidade do carvão (%)
Visgueiro	0,312	29,8	0,179
Embira preta	0,483	34,7	0,288
Xixá	0,461	33,2	0,304
Chapéu de baiano	0,526	33,5	0,276
Precateira	0,532	31,5	0,296
Pau Santo	0,902	35,7	0,440
Pau d'arco amarelo	0,925	31,5	0,522

Pode-se notar na tabela anterior que os rendimentos em carvão não atingiram o nível de variabilidade apresentado pela densidade. De um modo geral, a densidade do carvão acompanhou a tendência da densidade de sua madeira.

Finalmente, pode-se afirmar que de um modo geral as madeiras da Amazônia podem ser consideradas bastante aptas a sofrerem processos de destilações eca. No entanto, é de relevante importância a definição dos objetivos a serem alcançados num programa desse tipo.

No que diz respeito à obtenção de carvão vegetal para o uso doméstico, para o qual se exige apenas uma boa inflamabilidade e baixa eliminação de fumaça, as madeiras da Amazônia apresentam boas características. O mesmo não pode ser afirmado, no entanto, no que diz respeito ao seu uso como carvão metalúrgico. No caso exige-se um carvão mais elaborado e principalmente mais homogêneo, o que se torna difícil no caso das madeiras da Amazônia, a não ser que haja seleção de espécies. Tal consideração é também válida para os casos dos carvões destinados à gaseificação, à fabricação de carvão ativo e aquele destinado à indústria química.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL NA AMAZÔNIA

Na elaboração de um sistema de produção de carvão vegetal torna-se indispensável a análise de uma série de parâmetros importantíssimos que nortearão ou não o seu sucesso.

Tais parâmetros sem dúvida alguma comporiam uma lista bastante densa, em se tratando da Região Amazônica, comparada a outras regiões. Não é objetivo deste trabalho analisar tais parâmetros. No entanto, devem ser abordadas pelo menos rapidamente duas questões básicas a respeito. São elas: a questão do mercado consumidor e a da organização da produção.

Os raros dados existentes sobre a demanda de carvão vegetal da Região Norte do Brasil mostram uma queda anual em termos de crescimento. Esse fato pode ser visualizado na análise da tabela 10, que mostra a demanda atual e futura de lenha e carvão para Região Norte.

Tabela 10. Demanda atual e futura de lenha e carvão vegetal na Região Norte.

Ano	Volume (milhões de m <sup>3</sup> )	Crescimento (percentagem/ano)
1980	5,7	0,3
1985	5,8	0,3
1990	5,9	0,0
1995	5,9	0,0
2000	5,9	0,0

Fonte: *MA/SUPLAN/IBDF/COPLAN (1977)*

Evidentemente os dados acima não são suficientes para uma análise conclusiva sobre a questão da demanda por carvão vegetal. Há necessidade de um maior número de informações através de vários levantamentos, principalmente aqueles mais regionalizados.

Com relação à demanda por aqueles produtos outros além do carvão vegetal obtido da destilação da madeira (alcatrão, ácido acético, etc.), não há informações a respeito e também há necessidade de maiores análises.

Para todos os produtos devem ser analisadas também as condições de comercialização com outras regiões do país ou mesmo para o exterior.

A produção de carvão vegetal e produtos da destilação seca com madeiras da Amazônia deve estar condicionada principalmente ao uso de material derrubado nas operações de limpeza do terreno destinado a outros usos do solo. Acreditamos que jamais se devesse permitir o uso da floresta com a finalidade exclusiva da produção de carvão vegetal.

Sob a hipótese acima, acreditamos ser difícil a implantação de um sistema altamente sofisticado e necessitando de altos investimentos, contando única e exclusivamente com tal fonte de matéria-prima. A organização da produção deveria estar baseada, portanto, no uso de sistemas simples e de baixo custo como o uso de fornos convencionais.

Complexos industriais que envolvessem sistemas mais caros, inclusive com a recuperação de outros produtos, teriam validade, sob nosso ponto de vista, se houvessem programas futuros de manejo sustentado da floresta natural ou programas de reflorestamento.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOAT, J. & PETROFF, G. – La carbonization des bois tropicaux. *Bois et forêts des tropiques*, Nogent-sur-marne, (159): 55-72, jan/fev. 1975.

PANDOLFO, C. – Floresta amazônica no contexto energético brasileiro. *Silvicultura* (Ed. esp.): 113-21, dez.1977.

PETROFF, G. & DOAT, J. – Pyrolyse des bois tropicaux: influence de la composition chimique des bois sur les produits de distillation. *Bois et forêts des tropiques*. Nogent-sur-Marne, (177): 51-64, jan/fev.1978.

SUDAM/CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL – Resultados de 20 estudos dos produtos de destilação das madeiras amazônicas. Belém, 1972. 32p.

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.

É proibida a reprodução total ou parcial dos artigos contidos nesta publicação, sem autorização da comissão editorial.

Periodicidade – irregular

Permuta com publicações florestais

Endereço

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

Comissão Editorial

Marialice Metzker Poggiani – Bibliotecária  
Walter Sales Jacob  
Comissão de Pesquisa do Departamento de Silvicultura – ESALQ-USP  
Prof. Hilton Thadeu Zarate do Couto  
Prof. João Walter Simões  
Prof. Mário Ferreira

Diretoria do IPEF:

Diretor Científico – Prof. João Walter Simões  
Diretor Técnico – Prof. Helládio do Amaral Mello  
Diretor Administrativo – Luiz Ernesto George Barrichelo

Responsável por Divulgação e Integração – IPEF

José Elidney Pinto Junior