







**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**RETORTAS PARA CARBONIZAÇÃO  
DE MADEIRAS**

*Prof. Ailton Teixeira do Vale*

Editora Universidade de Brasília  
Brasília, 1995

Todos os direitos reservados.  
Nenhuma parte desta publicação poderá ser  
armazenada ou reproduzida, por qualquer meio,  
sem a autorização por escrito da Editora.

*Impresso no Brasil*  
Editora Universidade de Brasília  
SCS Edifício OK Q.2 nº 78  
70300-500 Brasília DF

Copyright © 1995 by Ailton Teixeira do Vale

Direitos exclusivos para esta edição:  
Editora Universidade de Brasília

*Coleção de Textos Universitários*

Esta coleção visa publicar textos produzidos pelos docentes para uso em sala de aula,  
fomentando a criação de material didático na própria UnB.

A atual edição preliminar é impressa pelo processo reprográfico.

Os textos são de responsabilidade dos autores e respectivos departamentos, e poderão ser  
aperfeiçoados para aproveitamento em futuras edições, sob a forma de livro.

*Reprografia:*  
Pedro Lima Neto  
Luiz Antônio Rosa Ribeiro

*Capa:*  
Elmano Rodrigues Pinheiro

Ficha catalográfica  
elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília

V149 Vale, Ailton Teixeira do  
Retortas para carbonização de madeiras / Ailton Teixeira  
do Vale. – Brasília : Editora Universidade de Brasília, 1995  
17p.; il. (Coleção textos universitários)  
1. Carbonização de madeira. 2. Fornos para produção de  
carvão vegetal.I. Título.

CDU 662.712

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| 1 - Introdução.....                      | 03 |
| 2 - Circulação de gases.....             | 04 |
| 3 - Processos.....                       | 06 |
| 3.1 - Processo “Stanford”.....           | 06 |
| 3.2 - Processo “Seaman”.....             | 06 |
| 3.3 - Processo “Reichert”.....           | 06 |
| 3.4 - Processo “Lacotte”.....            | 09 |
| 3.5 - Processo “IPT”.....                | 10 |
| 3.6 - Processo “Sific-lambiotte”.....    | 10 |
| 4 - Implantação de fornos contínuos..... | 14 |
| 5 - Referência Bibliográfica.....        | 16 |



## *1 - Introdução*

*Segundo MENDES et al. (1982) , torna-se cada vez menos viável continuar a utilizar técnicas de carbonização que ocasionem elevadas perdas, provoquem desuniformidade na qualidade do carvão e não garantam a continuidade de abastecimento; é necessário desenvolver o setor de carvão vegetal de maneira racional, levando-se em conta as necessidades reais de cada região produtora, a situação de mão-de-obra e induzindo-se sempre a uma tecnologia nacional num setor em que o país criou tradição.*

*Os fornos de carbonização contínua ou retortas requerem períodos bem menores para o ciclo, além de melhorar muito as possibilidades de recuperação de subprodutos. São vasos em forma de reatores, que constituem os mais avançados sistemas de carbonização, existindo desde as primeiras décadas deste século e sendo prática corrente em vários países europeus, como: Alemanha, Inglaterra, Suécia, Áustria e França (HUART, 1976). Estes fornos operam com aquecimento aplicado externamente, como nos primeiros processos de carbonização contínua, nos quais gases quentes circulavam externamente a um invólucro metálico contendo madeira, levando a baixos rendimentos térmicos e rápido desgaste do equipamento; ou internamente, como nos processos mais recentes, em que a madeira é aquecida por contato direto de gases quentes injetados no interior dos fornos de carbonização (WENZL, 1970; ALMEIDA, 1982).*

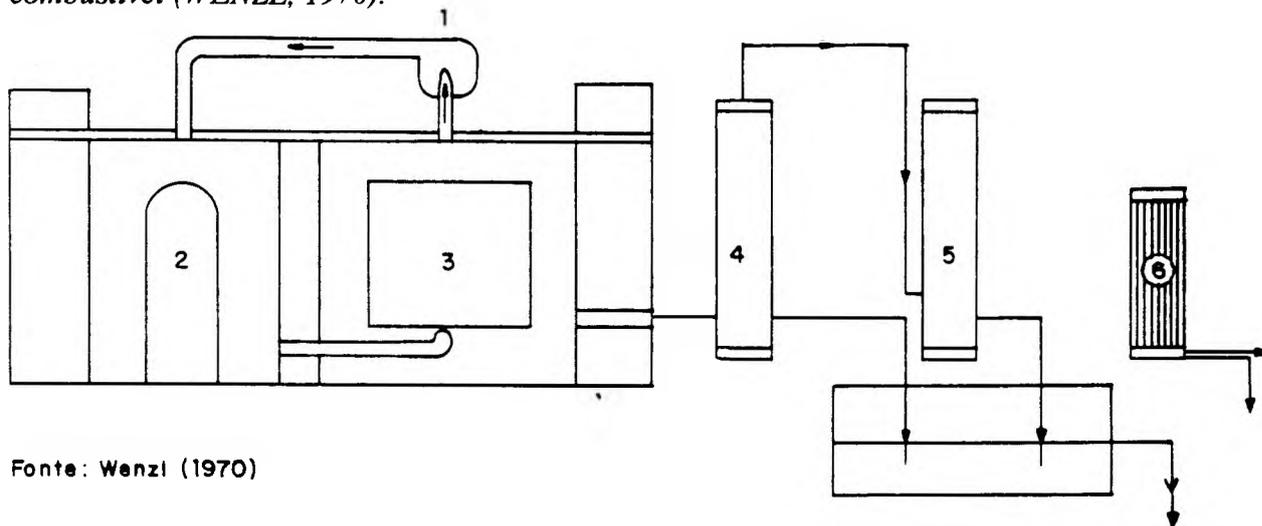
*Alguns desses processos, como REICHERT-LURGI e o SIFIC-LAMBIOTTE, foram concebidos a partir da necessidade de novas tecnologias na produção de carvão vegetal por parte da indústria de carbonização europeia na primeira metade deste século. São, portanto, processos de maior tradição e que, principalmente na recuperação e tratamento das frações condensadas e na automatização e controle de processos, incorporaram novas tecnologias desenvolvidas em tempos recentes (ALMEIDA, 1982).*

*Os países que desenvolveram boa parte destes processos de carbonização contínua, segundo ALMEIDA (1982), procuram otimizar a produção de gases, tendo o carvão vegetal como produto complementar. Isto acontece devido a não-existência de um mercado efetivo para o carvão vegetal. Com isso, estes sistemas se aproximam mais dos processos de gaseificação, sendo o processo LACOTE, o mais conhecido.*

## 2 - Circulação de Gases

A produção contínua de carvão vegetal processa-se na presença de calor gerado por fontes externas ao forno de carbonização, numa câmara de combustão, onde se queimam gases não-condensáveis, madeiras e outros resíduos. O calor produzido nestas câmaras é conduzido e envolve o forno de carbonização externamente, porém sem contato com a carga de madeira, denominando-se aquecimento indireto, ou é conduzido diretamente da câmara de combustão para o interior do forno de carbonização, envolvendo a carga de madeira diretamente, denominando-se aquecimento direto.

A Fig. 1 mostra um forno com circulação interna de gases. Pelo ventilador(1), os gases da carbonização são colocados em circulação. Eles passam através do aquecedor(2) e então a madeira põe-se em movimento. Isto pode ser operado com pilhas de blocos de madeira, protegidas lateralmente por grades. Pelo sistema de condensação(4, 5 e 6) os gases fluem e são removidos. Os gases não-condensáveis são resfriados(6), e usados como combustível (WENZL, 1970).

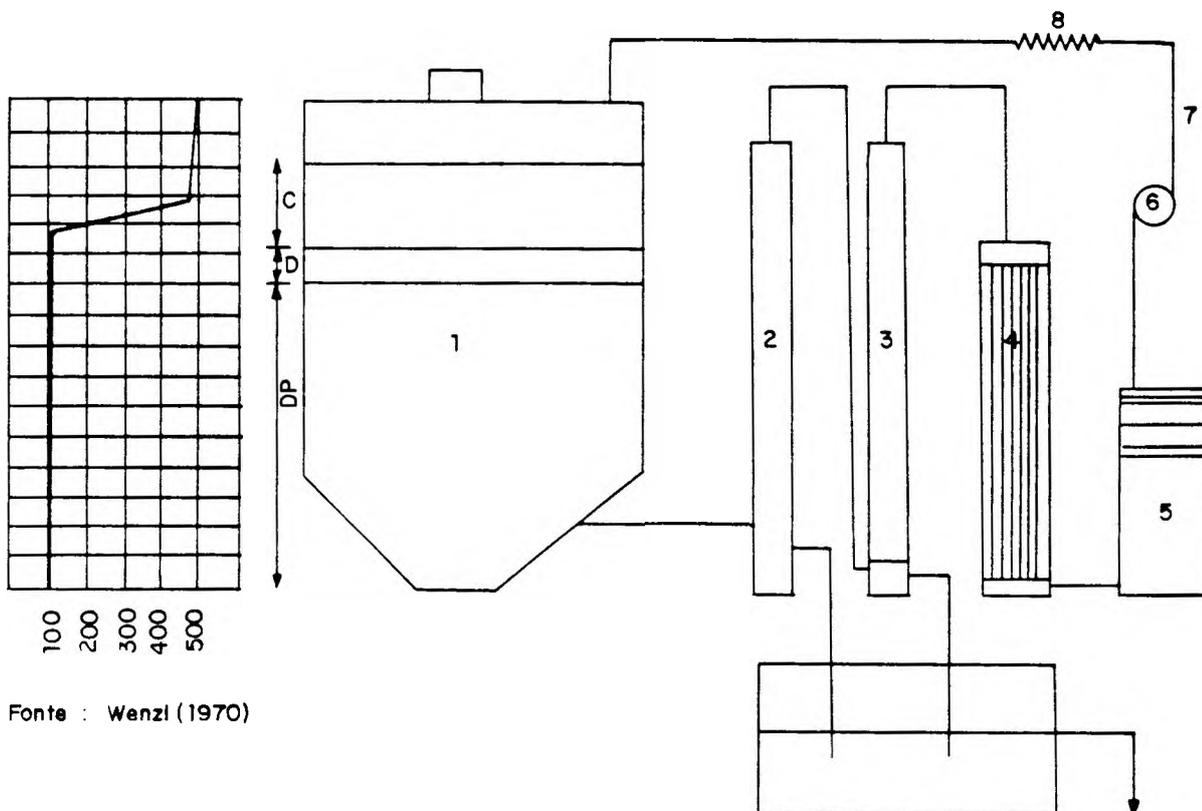


Fonte: Wenzl (1970)

**FIG. 1 - Esquema de funcionamento de um forno de circulação interna. 1-ventilador; 2 aquecedor; 3-carro; 4-coluna d'água; 5-coluna d'água; 6-refriador.**

Em contraste a este sistema, tem-se o forno "shaft", que tem circulação externa de calor, mostrado na Fig. 2. Os gases, vindos do forno(1), passam através de um sistema de condensação(2, 3, 4 e 5) e os gases não-condensáveis são conduzidos para o superaquecedor(8), com auxílio de uma ventoinha(6) e retornam para o forno pela canalização(7). A quantidade de gás em circulação é em torno de quinze vezes maior que aquela formada durante a carbonização. No diagrama ao lado da Fig. 2, "C" representa a zona de

carbonização; "D", a zona de secagem da madeira, "DP", a zona na qual os gases da carbonização têm uma temperatura que está próxima do ponto de orvalho ( WENZL, 1970).



Fonte : Wenzl (1970)

**FIG. 2 - Esquema de funcionamento de um forno de circulação externa. 1-retorta; 2,3 e 5-colunas d'água; 4-resfriador; 6-ventilador; 7-saída de gases não-condensáveis para o local de queima; 8-aquecedor.**

Em fornos com circulação interna, a maior parte das reações produzidas pela carbonização é exposta a um aquecimento excessivo, por isso há uma decomposição parcial. Em fornos com circulação externa, as substâncias oleosas e os produtos condensáveis são separados antes de começar o retorno ao ciclo, não passando pela fase do superaquecimento. Somente os gases não-condensáveis e os voláteis são sujeitos ao superaquecimento. A circulação interna reduz a produção de óleos, porque está sujeita a uma exposição maior ao "cracking". Com circulação interna, os gases contêm mais substâncias voláteis. Livre destas substâncias por lavagem e resfriamento, os gases retornam ao forno passando pelo aquecedor (WENZL, 1970).

### 3 - Processos

#### 3.1 - Processo "Stanford"

*Este processo, desenvolvido nos Estados Unidos da América, utiliza toda a energia liberada pelas reações exotérmicas da carbonização da madeira como fonte de aquecimento; com isso, o aquecimento externo é desnecessário. Neste processo, usa-se uma retorta vertical na qual a temperatura de 400°C a 500°C é mantida até o começo da carbonização pelo fornecimento de fogo na retorta. A madeira é preaquecida até 100°C por um aquecedor e é conduzida para dentro da retorta. Quando a carbonização começa, suficiente aquecimento é desenvolvido pelas reações exotérmicas (WENZL, 1970).*

#### 3.2 - Processo "Seaman"

*Este processo baseia-se em conceito semelhante ao de "Stanford", utilizando retorta rotativa e inclinada. Estes dois processos são usados para pequenas peças de madeira, obtidas de indústrias de processamento de madeira. Com este tipo de material, o problema de transferência de aquecimento é especialmente dificultado pela formação da carga de madeira que torna a condução de energia muito pobre (WENZL, 1970).*

#### 3.3 - Processo "Reichert"

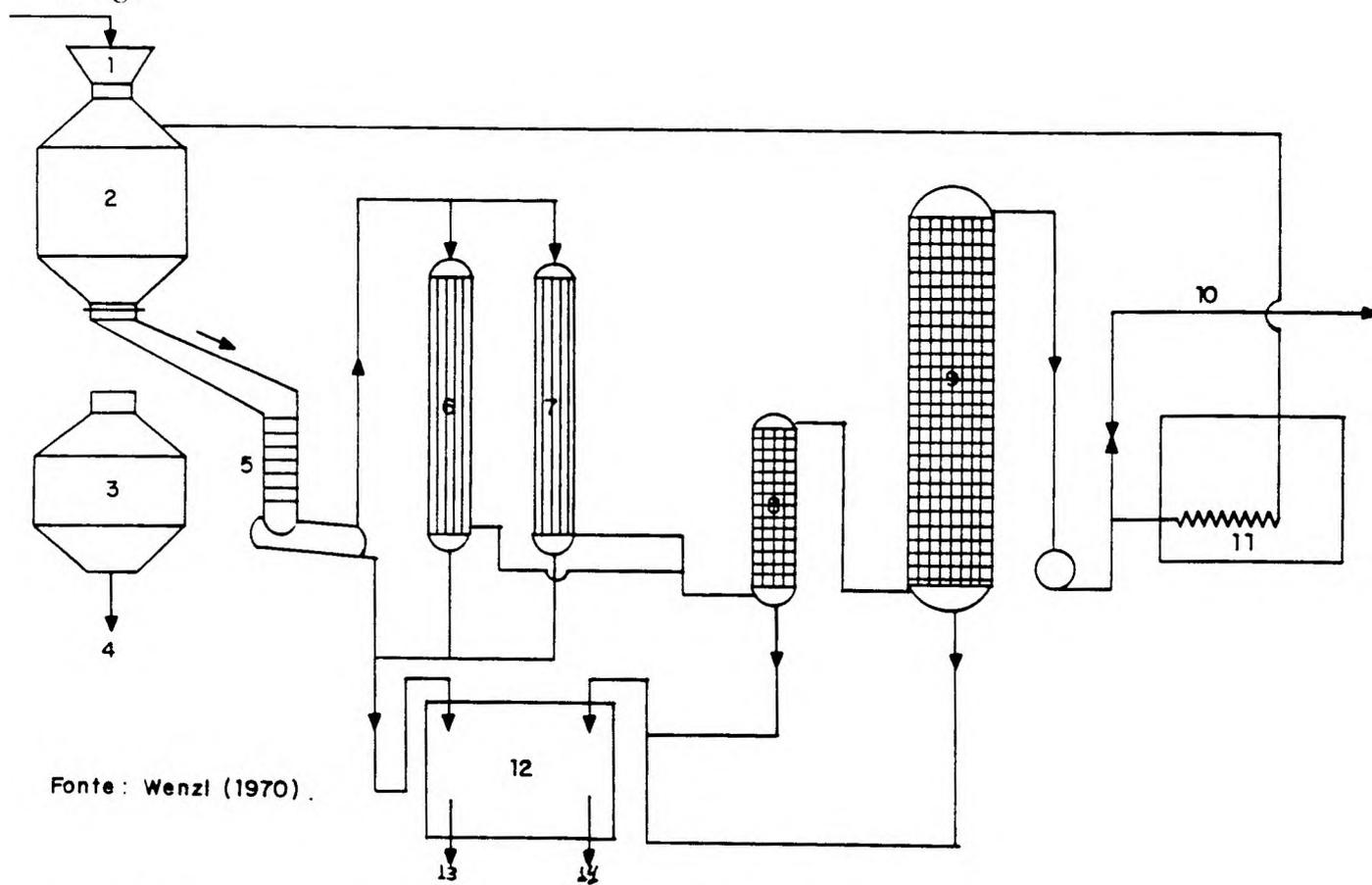
*Desenvolvido por volta de 1935 e também conhecido como processo "Degussa", é, na verdade, um processo descontínuo, mas, como geralmente na planta de carbonização são operados vários fornos de maneira sincronizada, prevalece um caráter contínuo ao processo como um todo (ALMEIDA et al., 1982). É usado na Alemanha em várias plantas de carbonização de madeira (WENZL, 1970).*

*A Fig. 3 e Fig. 4 ilustram, respectivamente, o esquema de funcionamento do processo e o fluxograma dos produtos obtidos. Este possui uma retorta vertical, com um*

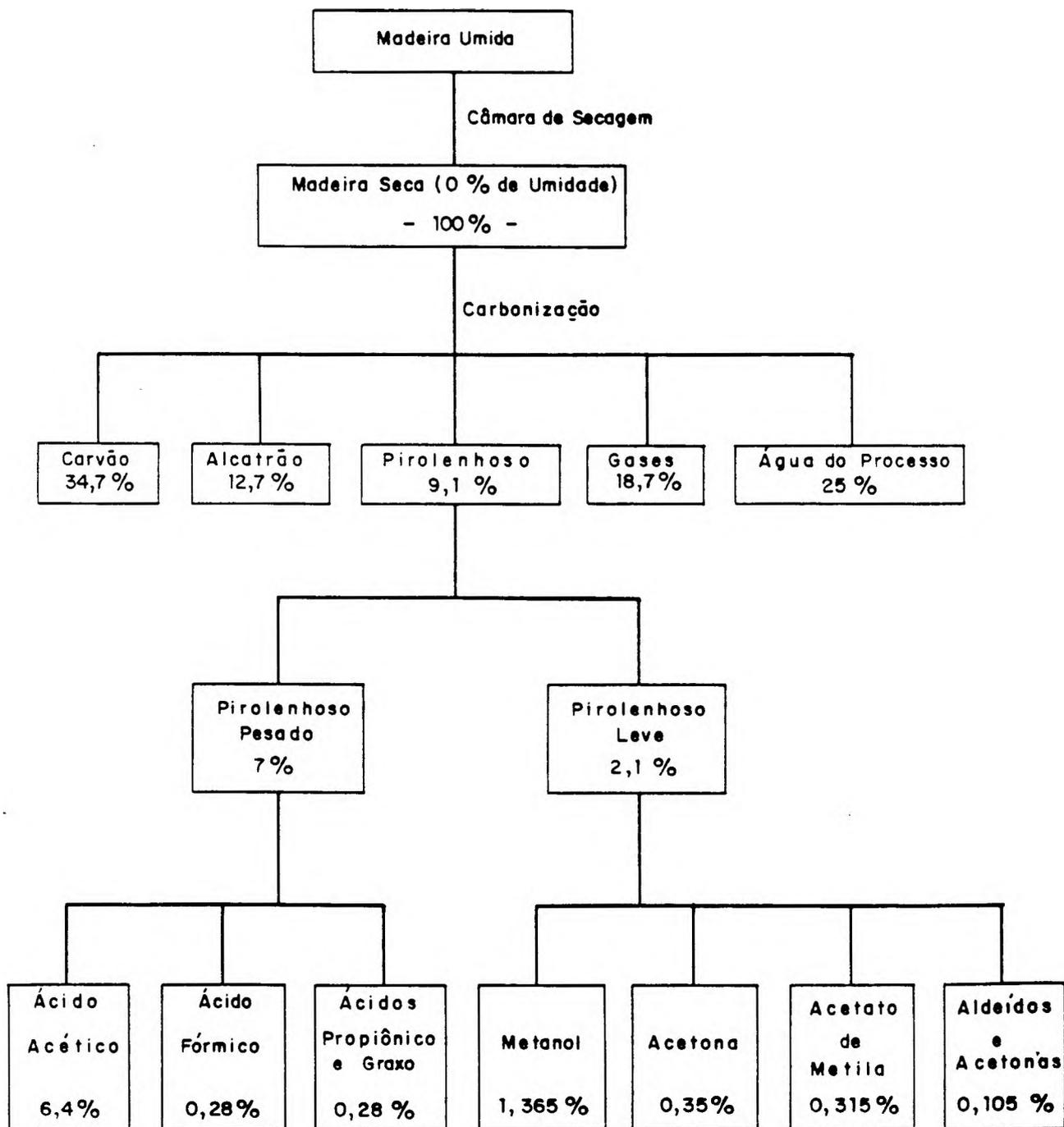
volume de 100m<sup>3</sup>. O aquecimento é introduzido no topo da retorta por gases altamente aquecidos. Baseia-se no processo de circulação externa. A velocidade de carbonização pode ser controlada pela quantidade e temperatura dos gases que circulam (WENZL, 1970). O carvão é descarregado dentro de silos para resfriamento, após cerca de 18 horas de carbonização (ALMEIDA et al., 1982).

A carbonização, neste processo, inicia-se no topo da retorta e avança em direção ao fundo, no mesmo sentido do fluxo de gás. Os produtos de destilação são separados dos gases não-condensáveis ao passarem em resfriadores, separadores de alcatrão e lavadores de gás. Parte dos gases não-condensáveis é retirada do sistema para ser usada nos aquecedores de gás ou na secagem da madeira. O gás aquecido, a aproximadamente 480°C, sai dos aquecedores voltando à retorta e fechando o ciclo dos gases. A secagem da madeira, até cerca de 18% de umidade, pode ser feita em um outro forno ou na própria retorta.

Com a umidade da madeira entre 20 a 25%, seis retortas podem operar com alta suficiência de energia. Mas, na prática, sempre há necessidade de um suplemento de energia.



**FIG. 3 - Esquema de funcionamento do Processo "Reichert"**



**FIG. 4 - Fluxograma dos produtos obtidos no Processo "Reichert" de carbonização.**

*As dificuldades do processo são:*

- a) coordenação entre os diferentes tempos de secagem, carbonização e resfriamento do carvão objetivando bons rendimentos térmicos;*
- b) necessidade de grandes equipamentos de condensação e separação dos gases de circulação e produtos de carbonização (ALMEIDA et al., 1982).*

### *3.4 - Processo "Lacotte"*

*Neste sistema, os principais produtos são os gases combustíveis, configurando, como já foi dito, um processo mais de gaseificação do que carbonização.*

*Em sistemas instalados, cujo objetivo final é obter energia elétrica, esta obtenção é feita com gasogênio e um alternador acionado com a ajuda de um motor a diesel funcionando com 95% de gás e 5% de gasóleo. Parte do carvão e os gases da destilação, com o complemento de uma quantidade de gasóleo doméstico permitem obtenção de energia elétrica. A operação produz igualmente carvão residual. Há a recuperação de ácido pirolenhoso e alcatrão, mas em quantidades negligenciáveis (HUART, 1976).*

*O gasogênio é um aparelho de combustão interna, constituído de chapa de ferro, revestida internamente com cimento refratário e comportando, na sua parte inferior, um dispositivo de extração variável do carvão de madeira. Sua capacidade é de 150m<sup>3</sup> de gás por hora. O sistema de arrefecimento é constituído por um cilindro metálico de 0,35m de diâmetro e de 2m de altura, contendo anéis em cujo interior circula uma corrente de água. O gasômetro é uma torre de chapa de ferro com 1,40m de diâmetro e 6m de altura, tendo, como objetivo essencial, constituir uma reserva tampão para o gás. O misturador é formado pela união em ângulo reto dos tubos de alimentação do motor e de fornecimento de ar (HUART, 1976).*

*O motor que aciona o alternador é um motor a diesel poyand de 4 cilindros em linha, 4 tempos, 92 cv, a 1000rpm. O alternador é trifásico da GE, com 94% de rendimento (HUART, 1976).*

*O sistema de secagem da madeira compreende uma torre metálica de 1,40m de diâmetro e 6m de altura sendo que na parte inferior é insuflado ar quente, que é uma mistura de ar ambiente, gases de escapamento do motor e ar de arrefecimento do radiador do motor. Essa mistura possui uma temperatura de 100°C. (HUART, 1976).*

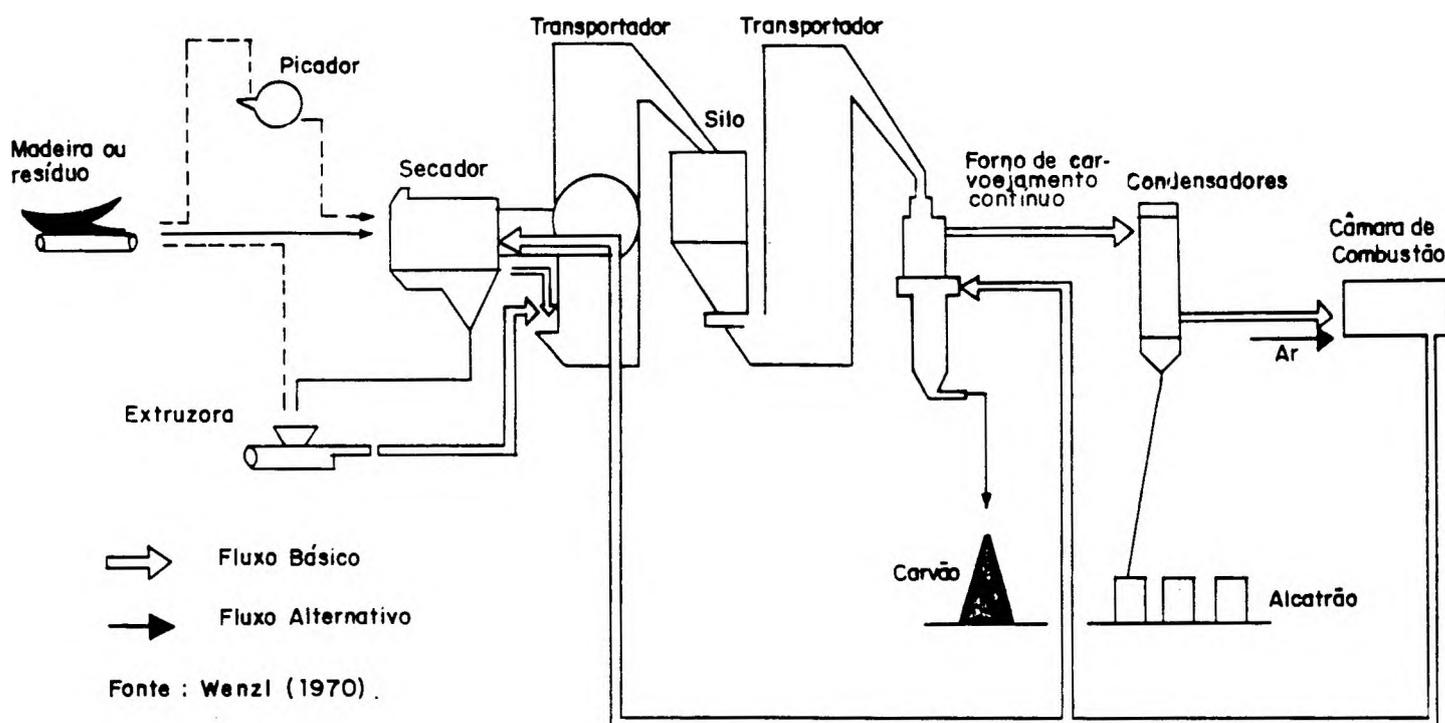
### 3.5 - Processo "IPT"

*A Fig. 5 ilustra o processo. Uma planta-piloto foi instalada pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo), com capacidade de processar 150kg/h de cavacos de madeiras leves (eucalipto e pinus) e até 450kg/h de material mais denso (casca de coco de babaçu e pellets de folhas de eucalipto) (ALMEIDA et al., 1982).*

*A matéria-prima é picada e pelletizada para se obter a granulometria adequada ao seu processamento e, então, enviada ao secador, para redução do seu teor de umidade em aproximadamente 10%. Do secador o material vai para um silo e daí para o topo do forno de carbonização por caçambas. Com relação ao movimento dos gases e da matéria-prima o sistema é misto. O carvão é retirado por baixo do forno e os gases condensáveis são recolhidos pelo topo, passando por condensadores para recuperação de subprodutos. Os gases não-condensáveis são queimados e os gases quentes produzidos retornam a câmara de secagem e de carbonização. Neste processo há uma rápida liberação de voláteis; isto faz com que tenham pequeno tempo de permanência na matriz sólida, dificultando os efeitos catalíticos e autocatalíticos, que favorecem a quebra das macromoléculas por mecanismos que levam, preferencialmente, à formação de carvão e às reações secundárias de elevada exotermicidade. Isto favorece a formação de alcatrão e, provavelmente, define um caráter endotérmico para a reação de pirólise desse processo, quando comparada à reação de outros processos. Por tudo isso, o processo "IPT" é mais adequado para aplicações em que um maior rendimento em combustível líquido seja preferível (ALMEIDA et al. 1982). O Quadro 1 apresenta, a seguir, os rendimentos e poderes caloríficos superiores, base seca, dos produtos obtidos pelo processo IPT de carbonização contínua, para alimentação de uma retorta com 188 Kg de cavacos de eucalipto a 8,5% de umidade e 4.508 Kcal/Kg de poder calorífico superior.*

### 3.6 - Processo "Sific-Lambiotte"

*Este processo consta, basicamente, de unidades alimentadoras, unidade de secagem, unidade de carbonização e unidade de condensação e purificação de voláteis (VALENTE, 1980). Baseia-se no princípio de circulação externa e é totalmente contínuo*



**FIG. 5 - Esquema de funcionamento do processo IPT.**

(WENZL, 1970). Tem como objetivo a produção de carvão, produtos químicos e/ou combustível conforme o processamento dado à fração pirolenhosa (ALMEIDA et ali, 1982). Segundo este mesmo autor, desde 1947, a Sociedade de Usinas Lambiotte (USL), opera a unidade de carbonização de Premery (Nievre-França) para produção de

**Quadro 1 - Rendimentos e poder calorífico superior (PCS), base seca, dos produtos obtidos pelo processo IPT para cavacos de eucaliptos.**

| PRODUTOS       | RENDIMENTOS         | PCS(Kcal/Kg) |
|----------------|---------------------|--------------|
| Carvão vegetal | 22,0 %              | 7.727        |
| Alcatrão       | 29,1 %              | 4.441        |
| Fração aquosa  | 16,1 %              | 731          |
| Gás            | 101 Kg/hora (vazão) | 812          |

FONTE: IPT, segundo ALMEIDA, 1982.

20.000t/ano de carvão vegetal. Uma unidade para recuperação das frações pirolenhosas é mantida anexa à usina.

Neste processo o carvão sai frio do aparelho e os vapores pirolenhosos saem sob forma de orvalho, ou seja, à mais baixa temperatura possível para evitar a condensação dos seus constituintes. Não há outras perdas caloríficas além da que se faz através das paredes, cujo isolamento é excelente (HUART, 1976).

Na secagem, a umidade da madeira é reduzida em até 15%, com a ajuda dos gases obtidos com a queima dos não condensados do próprio processo. A carbonização dá-se numa retorta vertical, cilíndrica, constituída das seguintes regiões de operação: região de alimentação e secagem final, com sistema de fechamento que impede a entrada de ar e saída de gases; região de carbonização propriamente dita, na parte média da retorta, onde os vapores quentes insuflados provocam a decomposição térmica da carga e região de resfriamento e esvaziamento, na parte inferior da retorta, por onde sai o carvão produzido. Na unidade de condensação e purificação de voláteis, são obtidos os subprodutos contidos nos gases condensáveis e os gases não-condensáveis são utilizados como combustível da seguinte maneira: uma parte assegura acréscimo de calorías na zona de carbonização; uma segunda parte assegura o resfriamento do carvão na parte inferior do forno; uma terceira parte é utilizada na unidade de secagem; e uma quarta parte, excedente do processo, fica disponível para gerar vapor (ALMEIDA et al. 1982 e VALENTE, 1980). O licor pirolenhoso contendo ácidos pirolenhosos, água e alcatrão, segundo os mesmos autores, passam por uma série de tratamentos que permitem a recuperação de vários produtos químicos como ácido acético, metanol, aromatizantes alimentares, solventes.

Na possibilidade de estocagem da madeira, em condições e por período que a secagem natural permita que sejam alcançados teores de umidade na faixa de 20%, a unidade de secagem com os gases quentes pode ser eliminada, diminuindo assim o custo de implantação do sistema e aumentando o excedente de energia obtido na usina (ALMEIDA et al. 1982 e VALENTE, 1980).

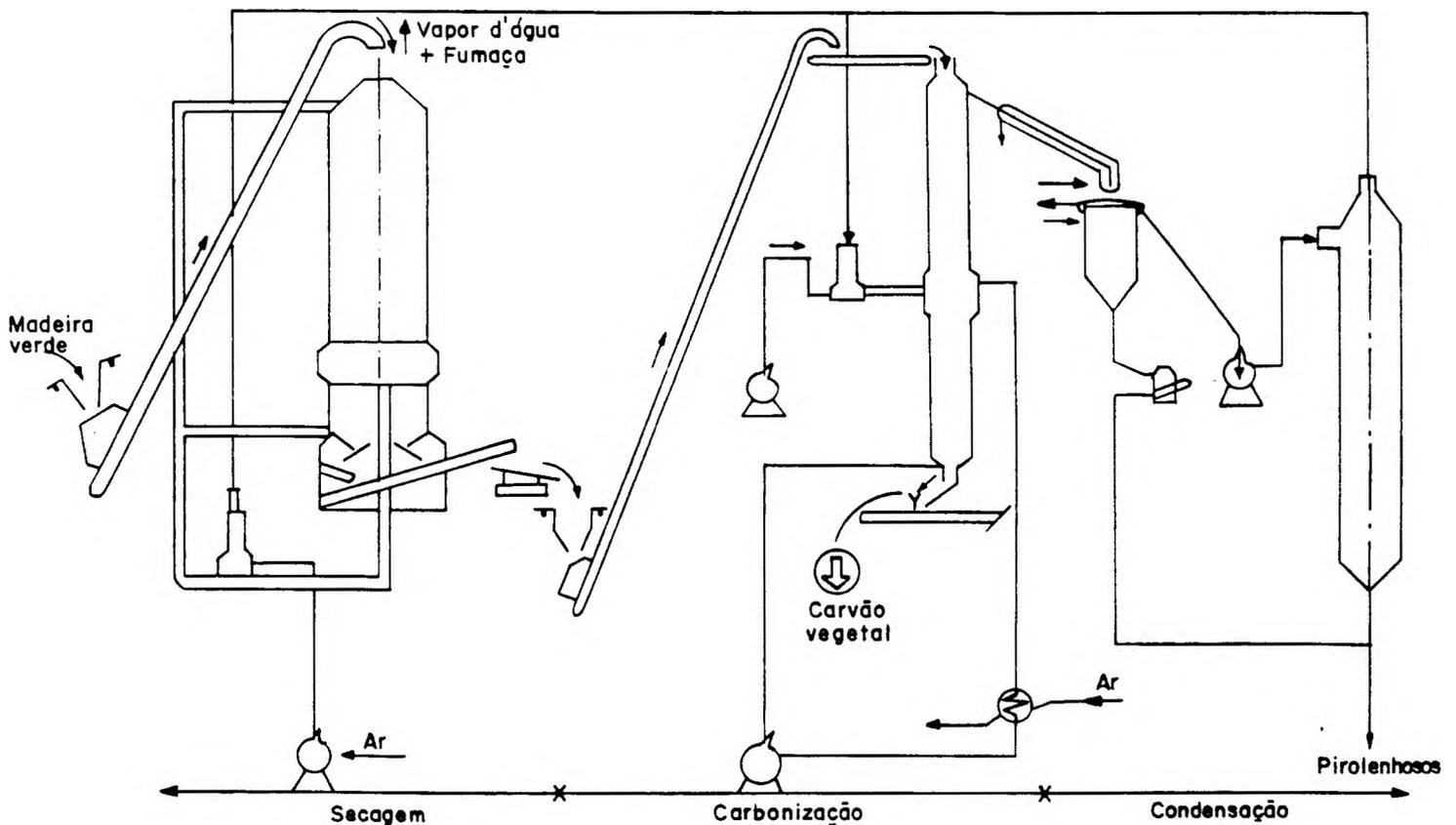
O Quadro 2, mostra o balanço de materiais obtidos para um sistema LAMBIOTTE, que separa e purifica os condensáveis e produz 20000 toneladas de carvão, lembrando, entretanto, que são valores aproximados, pois estes podem mudar dependendo, entre outros fatores, da qualidade da madeira e condições de operação (VALENTE, 1980).

A Fig. 6, ilustra o Processo "Lambiotte", separando as regiões de carbonização, secagem e condensação e purificação de gases.

**Quadro 2 - Rendimento do forno Sific, patente Lambiotte**

| MADEIRA BRUTA (350 TONELADA/DIA)                                   |                           |
|--|---------------------------|
| Frações comerciáveis   | Quantidade (Tonelada/dia) |
| Carvão vegetal   | 70,00                     |
| Solvente   | 0,60                      |
| Metanol  | 2,75                      |
| Ácido fórmico  | 0,35                      |
| Ácido acético cristalizável  | 12,00                     |
| Frações recuperadas (combustão)                                    | Quantidade (Tonelada/dia) |
| Gazes combustíveis, óleos leves, óleos pesados e alcatrão residual | 12,00                     |

Fonte: VALENTE, 1980.



Fonte : Wenzl (1970).

**FIG. 6 - Esquema de funcionamento do Processo "Lambiotte" com as zonas de secagem e carbonização da madeira e condensação dos gases.**

#### 4 - Implantação de Fornos Contínuos

*A partir de 1920, a destilação seca da madeira entrou em declínio no quadro da indústria, em virtude do grande desenvolvimento petroquímico. Dos sistemas de carbonização contínua que resistiram a fase de depressão, pode-se citar a patente Lambiotte e outras patentes como o sistema Lacotte (França) e o processo Degussa ou Reichert (Alemanha), todos discutidos anteriormente. No Brasil, têm-se as retortas construídas pelo IPT e há o chamado maxiforno construído pela carbotécnica (Curitiba/Paraná). Todos os processos basicamente são iguais, com rendimentos semelhantes, exceto o Lacotte, que produz mais gás e menos carvão (VALENTE, 1980).*

*Destes sistemas, o mais conhecido é o forno Sific-Lambiotte, sendo utilizado tanto na França, quanto em outros países, há mais de 20 anos, funcionando, na França (Premery- Niève), na Espanha, na Checoslováquia, na Austrália (HUART, 1976).*

*Para implantação de um sistema de carbonização contínua, o transporte é um fator limitante, pois sendo unidade central, obriga o transporte de madeira a grandes distâncias (HUART, 1986).*

*Segundo VALENTE (1980), estudos realizados pela Fundação João Pinheiro mostram que a carbonização em retorta tem os seguintes rendimentos: 4 toneladas de madeira verde (50% de umidade) por tonelada de carvão produzido (25% de RG); 22,751 toneladas de madeira com 15% de umidade por tonelada de carvão produzido (35% RG). Com 200 toneladas de madeira produzindo 50 toneladas de carvão, pode-se produzir: 15 toneladas de ácido acético, 15 toneladas de álcool metílico, 12 a 13 toneladas de alcatrão e 30.000m<sup>3</sup> de gases.*

*O Quadro 3 mostra uma comparação entre um forno Sific- Lambiotte e um forno de alvenaria tipo CAF. A diferença entre ambos está praticamente no fato de que o forno Sific é intensivo, com pouca mão-de-obra, mas altos investimentos iniciais e o tipo CAF é extensivo, com muita mão-de-obra, mas com menor investimento inicial (VALENTE, 1980).*

*Com o trabalho "Carbonização da Madeira" VALENTE (1980) afirmou que, apesar da indiscutível eficiência, em tese, dos fornos contínuos, a substituição de carbonização no Brasil não era aconselhável, devido a:*

- a) - necessidade de estudos em unidades experimentais para adequar o sistema contínuo, às nossas condições;*
- b) - altos custos de investimento inicial;*
- c) - necessidade de estudos para melhorar as alternativas de transporte de*

**Quadro 3 - Comparação entre forno Sific-Lambiotte e do tipo CAF.**

| ITENS   | CAF | SIFIC     |
|---|-----|-----------|
| <i>Produção anual por forno (tonelada)</i>  | 150 | 20.000    |
| <i>Vida útil de um forno (anos)</i>   | 5   | 30        |
| <i>Produção durante a vida útil do forno (toneladas)</i>  | 750 | 600.000   |
| <i>Custo de capital por forno (US\$)</i>  | 800 | 2.000.000 |
| <i>Custo de capital por tonelada de carvão produzido, considerando a produção de 600.000 toneladas (US\$)</i> | 1   | 3,33      |
| <i>Nº de fornos para fabricar 600.000 toneladas de carvão/30 anos</i>   | 800 | 1         |
| <i>H/dia por tonelada de carvão produzida</i>   | 2,5 | 0,2       |

Fonte: VALENTE, 1980

*madeira para unidades centralizadas:*

*d) - necessidade de estudos em modelos de otimização para as relações carvão x combustível x produtos químicos a serem obtidos;*

*e) - imprecisão nos dados disponíveis de custos de tonelada de carvão, pois a matéria-prima e as condições de operação podem variar;*

*f) - generalização dos dados disponíveis impossibilitando uma avaliação dos custos reais.*

*Provavelmente estas questões, ou parte delas, não foram adequadamente equacionadas, pois, ainda hoje basicamente todo o carvão vegetal produzido provém de fornos de alvenaria.*

*No entanto, algumas empresas no Brasil desenvolveu plantas de carbonização contínua, como é o caso da ALFRED DO BRASIL Eng. e Com. Ltda. Os sistemas são divididos em dois tipos de unidades, vertical e horizontal, conforme descrito a seguir, segundo GUIMARÃES, (1982).*

#### *1 - Unidade vertical de carvoejamento contínuo*

*Com base nos processos descritos anteriormente, estas unidades são projetadas para trabalhar 24 horas por dia, 320 dias por ano. Três tamanhos são disponíveis para produção de 5.000, 7500 e 10.000 toneladas/ano. Tomando como base, madeira com 50% de umidade, a relação madeira/carvão é de 5:1 (em peso) (GUIMARÃES, 1982).*

*Com relação à matéria-prima, as dimensões máximas são de 40 x 15 x 15cm, as mínimas são 5 x 5 x 5cm, sendo as dimensões mínimas de 30 x 10 x 10cm (Guimarães, 1982).*

*Em condições normais de operação, uma torre de carbonização para 10.000 t/ano é auto-suficiente no balanço energético.*

## *2 - Unidade horizontal de carbonização*

*Esta planta foi desenvolvida para converter em carvão vegetal uma longa série de pequenos materiais, desde resíduos agrícolas até industriais. A unidade consiste de 2 fornos instalados paralelamente entre si e suspensos para permitir as possíveis expansões e contrações. Apresenta isolamento térmico externo. A alimentação é feita mecanicamente com a matéria-prima sendo conduzida da base dos silos de estocagem para os fornos, passando duas vezes pela zona de carbonização (aquecida indiretamente) e saindo dos fornos através de válvulas rotativas ou transportador helicoidal.*

## *5 - Referências Bibliográficas*

- 1 - ALMEIDA, M.R. e REZENDE, M.E.A. de. "O processo de carbonização Continua da Madeira", In: Produção e Utilização de Carvão Vegetal. BH, Série Publicações Técnicas. CETEC, 1982, p. 141.*
- 2 - GUIMARÃES, A.F. "Plantas de Carbonização Continua", In: Produção e Utilização de Carvão Vegetal. BH, Série de Publicações Técnicas, CETEC, 1982, p.157.*
- 3 - MENDES, A.P.C.S. et al." Reator de Carbonização de Madeira". In: Produção e Utilização de Carvão Vegetal. BH, Série de Publicações Técnicas, CETEC, 1982, p. 165.*
- 4 - UHART, E. A Floresta Amazônica, Fonte de Energia. Belém, Convênio SUDAM/CTFT (Centre Technique Forestier), 1976, 24 p.*

- 5 - VALENTE, O.F. E LELLES, J.G. de. "Carbonização da Madeira". In: Carvão e Coque Aplicado à Metalurgia. Coordenador Hiroshi Masuda. Vol. 1. SP. Associação Brasileira de Metais, 1980, p. 82.
- 6 - WENZL, F.J. The Chemical Technology of Wood. Translated from the German by Friedrich E. Brauns and Dorothy A. Brauns. Academic Press, New York and London, 1970, p. 282.







