

O CARVÃO VEGETAL NO BRASIL

(Brazilian Charcoal: Characteristics and Production)

Aluísio Marri

Paulo Agnêlio Gomes

Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
CETEC
R. José Cândido da Silveira, 2000
Caixa Postal 2306
30.000 - Belo Horizonte, MG
Brasil

ABSTRACT

A general view of the Brazilian charcoal production is presented. The carbonization process is commented and some models to explain it are presented. The current production process and the brick kilns most utilized in Brazil are described. Some of the charcoal characteristics are commented in relation to that of the mineral coke.

O carvoejamento é uma atividade tradicional no Brasil, iniciada comercialmente há cerca de um século quando da implantação das primeiras usinas siderúrgicas a carvão vegetal.

Pode-se dizer que há produção de carvão vegetal em todo o território brasileiro mas, em termos de volume, a produção significativa é a do Estado de Minas Gerais que responde por cerca de 85% da produção brasileira de carvão vegetal.

Do total da produção brasileira de carvão vegetal em 1984 - 7,5 milhões de toneladas - 85% ou sejam 6,4 milhões de toneladas foram consumidas pela indústria siderúrgica. A indústria brasileira de ferro gusa, quase toda situada no Estado de Minas Gerais, consumiu naquele ano cerca de 5,7 milhões de toneladas de carvão vegetal.

A indústria siderúrgica a carvão vegetal - produção de ferro-ligas, ferro-gusa, aço e laminados - e as atividades de carvoejamento - desde o reflorestamento à produção e

transporte do carvão, inclusive carvão de origem nativa - empregaram diretamente cerca de 370 mil pessoas em 1984.

A produção de carvão vegetal pode ser dividida em dois segmentos: aquele cuja matéria prima é a madeira de origem nativa, e o que utiliza florestas plantadas como fonte de matéria prima.

Cerca de 80% da demanda é suprida com carvão vegetal de origem nativa, enquanto o segmento que trabalha com florestas plantadas tem uma participação de 20% no total da produção.

Esses segmentos apresentam diferenças tão marcantes do ponto de vista econômico, tecnológico e social que qualquer análise que não as reconheçam corre o risco de ser equivocada.

O PROCESSO DE CARBONIZAÇÃO

Carvão vegetal é o resíduo sólido resultante das transformações porque passa a madeira quando submetida à ação do calor.

Apesar de todas as pesquisas já realizadas as complexas reações porque passa a madeira durante as transformações sob ação do calor, ainda não são bem conhecidas. Alguns modelos simplificados dão uma idéia qualitativa do processo.

Quando se submete uma peça de madeira à ação do calor estabelece-se um gradiente de temperatura entre a superfície e o centro da peça. Num determinado instante tem-se, então, a mesma peça em diferentes temperaturas, com diversos fenômenos ocorrendo simultaneamente.

Browne dividiu o processo em quatro zonas de temperatura:

Zona A: até 200°C. Caracterizada pela formação de gases não combustíveis, tais como vapores de água, CO₂, ácidos fórmicos e acético;

Zona B: compreendida entre 200 e 280°C. nesta zona há uma diminuição substancial na quantidade de vapor d'água, e, o aparecimento de CO. As reações que ocorrem nesta região de temperatura são de natureza endotérmica;

Zona C: de 280 a 500°C. Os produtos obtidos nesta região de temperatura estão sujeitos a reações secundárias, são combustíveis e incluem o alcatrão, o CO e CH₄,

Zona D: acima de 500°C. Nesta temperatura o carvão já está formado e atua como catalizador das reações secundárias.

Um modelo desenvolvido por Kanury e Blackshear, figura 1, para explicar as formas de transferência de calor durante a carbonização, pode ser uma ajuda para a compreensão qualitativa do processo de carbonização.

O modelo divide o período de aquecimento de uma peça de madeira em cinco fases:

Modelo de carbonização de Kanury e Blackshear.

Fase I. A madeira ainda não sofre transformações e o calor é transferido da borda para o interior da peça por condução;

Fase II. A transformação da madeira é iniciada da borda para o centro da peça. com o decorrer do tempo de exposição ao calor a zona ou camada de pirólise formada nesta fase avançará para o interior da peça. Os gases formados na zona de pirólise transportam calor para o exterior (convecção) em direção ao calor transferido do meio externo, que ocorre por condução;

Fase III. Nesta fase inicia-se a formação de carvão e sua característica é a coexistência de uma região de madeira que ainda não sofreu transformações, uma zona de pirólise e carvão. Os gases pesados formados durante a carbonização sofrem uma decomposição catalizada pelo leito de carvão. Os gases mais leves assim formados ao atingir a superfície da peça reagem com o oxigênio produzindo uma reação de combustão;

Fase IV: É caracterizada pelo desaparecimento da madeira em seu estado natural e pela coexistência da zona de pirólise com o carvão vegetal;

Fase V. Nesta fase a frente de carvão alcança o centro da peça, tem-se a presença apenas de carvão e não há fluxo gasoso.

Como já foi dito anteriormente há, ainda, várias incertezas em relação às reações que ocorrem durante a carbonização e a apresentação dos dois modelos acima é apenas para se ter uma idéia qualitativa e geral do processo.

A análise termogravimétrica da madeira de seus três principais componentes - celulose hemicelulose e lignina figura 2, isto é, a perda de peso em função de um aquecimento contínuo e controlado, mostra que o comportamento da madeira durante a carbonização pode ser considerado como somatório do comportamento de seus componentes.

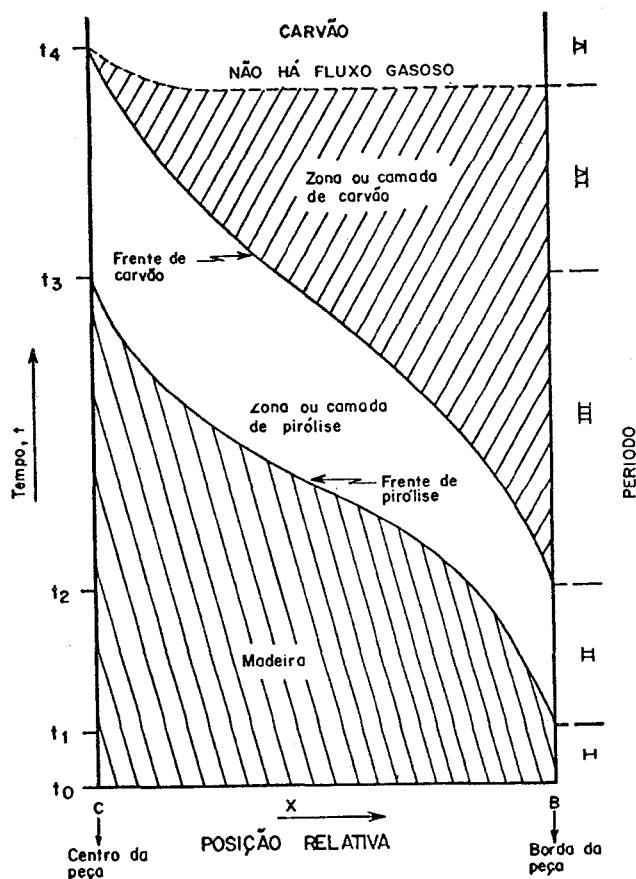


Figura 1 - Modelo de carbonização de Kanury e Blackshear

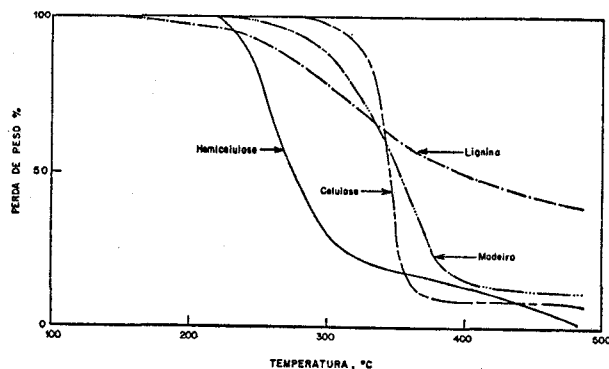


Figura 2 - Análise termogravimétrica da madeira e seus componentes.

A PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL

A produção brasileira de carvão vegetal é realizada, basicamente, em fornos de alvenaria descontínuos, não considerando alguns casos isolados cuja participação na produção não é significativa.

Para a análise das técnicas de produção o setor carvão vegetal deve ser dividido, como mencionado anteriormente, em dois segmentos: o que utiliza madeira nativa e o que utiliza florestas plantadas como fonte de matéria prima.

O segmento que carboniza madeira nativa é constituído por pequenos produtores que trabalham em pequenas unidades de produção distribuídas em uma grande área geográfica. Em geral esses pequenos produtores utilizam a lenha oriunda, por exemplo, dos desmates efetuados para expansão da fronteira agrícola. Esses produtores tem uma característica nômade, desde que sua tendência é acompanhar a expansão da fronteira agrícola.

Algumas dessas características explicam a utilização pelos pequenos produtores do chamado forno "rabo quente".

O forno rabo quente é o mais difundido dos fornos de alvenaria em uso no Brasil, é o mais barato e o de construção mais simples. Pode-se afirmar que quase toda a produção de carvão vegetal de madeira nativa é realizada em fornos rabo quente o que os torna responsáveis por cerca de 80% de toda a produção brasileira de carvão vegetal, isto é, aproximadamente, 6,0 milhões de toneladas em 1984.

O forno rabo quente tem uma base circular e sua seção transversal é, aproximadamente, elíptica. Possui apenas uma porta para carregamento do forno e descarga do carvão e tem como característica típica a inexistência de chaminés. Nas dimensões mais comuns tem 3,20m de diâmetro na base e altura máxima de 2,20m. Sua capacidade

nominal é de 12,0 m³, comportando de 9 a 10 estereos de lenha. O forno rabo quente tem um ciclo de produção - carga, carbonização, esfriamento, descarga - de cerca de 6 dias e, quando bem operado, trabalha com índices de conversão de 2,5, isto é, são necessários 2,5 estereos de lenha para produzir 1,0m³ de carvão.

A operação do forno rabo quente não é complicada mas requer do seu operador, o carvoeiro, uma vigilância constante durante a fase de carbonização. Como não possui chaminés, a entrada do ar necessário ao desenvolvimento da carbonização e a saída das fumaças produzidas no processo, se dão através de orifícios distribuídos em toda sua estrutura. À medida que a carbonização avança, o que se dá da parte superior do forno para baixo, o operador vai fechando esses orifícios até que toda a lenha esteja carbonizada. Os últimos orifícios a serem fechados são os situados ao nível do chão, quando, então, se inicia o esfriamento do forno.

Normalmente uma unidade de produção ou carvoaria é constituída de uma bateria com cerca de 10 fornos e é operada por 1 carvoeiro e sua família. Em geral a mão-de-obra é de baixa qualificação técnica e as técnicas de construção e operação de fornos são muito rudimentares. Alie-se a isto a heterogeneidade da matéria prima e o resultado serão índices de conversão altos e carvão extremamente heterogêneo em suas características.

O segmento do setor carvão vegetal que trabalha com florestas plantadas é constituído por empresas de reflorestamento, a maior parte delas ligadas a empresas de siderurgia. Ao contrário do segmento abordado anteriormente este apresenta características de produção eminentemente empresariais, utilizando como matéria prima lenha oriunda de extensas florestas de eucaliptus. Este segmento participou, em 1984, com cerca de 20% da produção total de carvão vegetal, o que significa cerca de 1,5 milhão de toneladas.

O forno de alvenaria mais utilizado por essas empresas é o chamado "forno de superfície".

O forno de superfície é cilíndrico com cobertura em abóbada, possui duas portas para carregamento da lenha e descarga do carvão, e, um número de chaminés variável de 1 até 6, dependendo da prática das empresas, sua estrutura é dotada de orifícios, por onde se dá a entrada do ar necessário à manutenção do processo de carbonização.

Nas dimensões mais comuns tem 5,0m de diâmetro, parede com altura de 1,80m (altura do cilindro), e, altura máxima da abóbada de 3,10m. Nestas dimensões seu volume nominal é de 49,0m³, comportando cerca de 40,0 estereos de lenha. O forno de superfície tem um ciclo de produção de 8 a 10 dias e, em condições normais, trabalha com índices de conversão de 2,0, isto é, a partir de 40,0 estereos de lenha produzirá 20,0m³ de carvão.

A operação do forno de superfície é semelhante àquela do forno rabo quente. À medida que a carbonização avança, o que se dá da parte superior para a inferior, o operador vai fechando os orifícios, até que, fechados os orifícios situados ao nível do chão, está terminada a carbonização, são vedadas as chaminés e inicia-se o esfriamento do forno.

As empresas que trabalham com o forno de superfície, normalmente os utilizam em grandes baterias com um número de fornos que varia conforme condições específicas de cada empresa.

Nos dois fornos descritos acima, o calor necessário ao processo de carbonização é fornecido pela queima de parte da lenha colocada dentro do forno. O forno de superfície com câmara de combustão foi desenvolvido para que o calor necessário à carbonização fosse produzido em uma câmara localizada sob o forno. Assim, toda a lenha enfiada pode ser transformada em carvão e,

na câmara, pode ser queimada lenha de qualidade inferior ou qualquer resíduo agrícola ou florestal.

Os fornos de superfície com câmara tem, em geral, as mesmas dimensões do forno de superfície, possuem uma chaminé e não possuem os orifícios para controle da admissão de ar.

O ciclo de carbonização do forno com câmara tem a mesma duração do ciclo do forno de superfície e, quando bem operado, trabalha com índices de conversão de 1,7, isto é, são necessários 1,7 estêreos de lenha para produzir 1,0m³ de carvão.

O forno de câmara foi concebido para que toda a carbonização se processasse com calor produzido na câmara. Na prática, as empresas tem utilizado a câmara apenas para iniciar o processo de carbonização, funcionando até o final do processo como entrada de ar.

A operação do forno com câmara é mais simples do que a dos anteriores pois o operador tem que controlar apenas uma entrada de ar, e, observar a saída das fumaças em apenas uma chaminé. A prática tem demonstrado que a temperatura no interior do forno é mais homogênea, e, a inexistência de orifícios em sua estrutura eliminam a influência dos ventos no desenvolvimento da carbonização.

Parece razoável acreditar que, entre os grandes produtores de carvão vegetal, em breve predominará o forno com câmara de combustão.

PROPRIEDADES DO CARVÃO VEGETAL

Da descrição dos processos correntes de produção de carvão vegetal, depreende-se facilmente serem processos que não permitem um controle rigoroso das variáveis de processo, com reflexos nas propriedades do produto obtido.

De outro lado, considerando-se que 80% do carvão produzido hoje é de origem nativa, não é possível um controle da matéria prima utilizada, o que, também, tem reflexos negativos nas propriedades do carvão produzido.

Em termos gerais, no que diz respeito à qualidade do carvão vegetal produzido hoje no Brasil, o grande problema é a heterogeneidade das características apresentadas, o que decorre do próprio processo de produção.

A composição química do carvão vegetal (teores de carbono fixo, voláteis e cinzas) é das características que mais variam e depende fortemente da temperatura final de carbonização (carbono e voláteis).

A densidade do carvão vegetal, além de depender da temperatura de carbonização, está relacionada a características da matéria prima tais como: espécie vegetal, idade da árvore, densidade da madeira e tempo de corte.

A resistência mecânica do carvão vegetal, de importância quando se trata de uso siderúrgico, está diretamente relacionada à temperatura de carbonização.

A reatividade do carvão vegetal é outra característica muito importante em se tratando de uso siderúrgico e, também, depende da temperatura final da carbonização e da matéria prima utilizada.

Outra característica crítica do carvão vegetal é a granulometria, ou melhor, sua grande propensão à geração de finos. Uma maior ou menor tendência à geração de finos no manuseio e transporte do carvão vegetal pode estar associada à temperatura de carbonização e, também, ao material lenhoso carbonizado.

Como o carvão vegetal é muito higroscópico, apresenta-se com umidade também variável. Neste caso, não há dependência do processo de produção mas, principalmente, dos cuidados com sua estocagem.

Como a maior parte do carvão vegetal produzido no Brasil é utilizada como termoreductor, caberia uma referência a outro

termoreductor também tradicional: o coque mineral.

Em decorrência, principalmente, do processo produtivo e do seu processamento o coque mineral não apresenta a heterogeneidade do carvão vegetal o que, independente de outras considerações, já é uma grande vantagem.

O coque mineral tem composição química mais homogênea, densidade e resistência mecânica maiores, menor reatividade e menor tendência à geração de finos.

Todas as vantagens relativas que o coque apresenta em relação ao carvão vegetal são, a nosso ver, superáveis através da adaptação dos processos siderúrgicos e do melhoramento dos processos de produção de carvão vegetal.

A história da siderurgia brasileira a carvão vegetal é, aliás, um testemunho da afirmativa acima.

Acima de tudo o carvão vegetal é um termoreductor e um energético renovável e, nas condições brasileiras, abundante e inesgotável caso sua produção e utilização se dê de maneira racional.

BIBLIOGRAFIA

1. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/CETEC. Produção e Utilização de carvão vegetal. Compilado por Waldir Resende Penedo. Belo Horizonte, 1982.lv. (Série de Publicações Técnicas,8.)
2. Associação Brasileira de Carvão Vegetal/ABRACAVE. Anuário estatístico 85. Belo Horizonte, 1985.