

Panorama Atual da Produção de Carvão Vegetal no Brasil e no Cerrado



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 197

Panorama Atual da Produção de Carvão Vegetal no Brasil e no Cerrado

*Eny Duboc
Caroline Jácome Costa
Rui Fonseca Veloso
Leonardo Santos Oliveira
Adriano Paludo*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Cerrados

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina, DF

Fone: (61) 3388-9898

Fax: (61) 3388-9879

<http://www.cpac.embrapa.br>

sac@cpac.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *José de Ribamar N. dos Anjos*

Secretário-Executivo: *Maria Edilva Nogueira*

Supervisão editorial: *Fernanda Vidigal Cabral de Miranda*

Revisão de texto: *Francisca Elijani do Nascimento*

Normalização bibliográfica: *Rosângela Lacerda de Castro*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Foto da capa: *José Teodoro de Melo*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Sousa*

Jaime Arbués Carneiro

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

1ª edição

1ª impressão (2007): tiragem 100 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Cerrados**

P195 Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e no Cerrado / Eny Duboc ... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2007.
37 p.— (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111 ; 197)

1. Carvão - produção. 2. Cerrado. 3. Sistema agroflorestal.
I. Duboc, Eny. Título. II. Série.

634.9 - CDD 21

© Embrapa 2007

Autores

Eny Duboc

Eng. Agrôn., D.Sc.

Pesquisadora, Embrapa Cerrados

enyduboc@cpac.embrapa.br

Caroline Jácome Costa

Eng. Agrôn., D.Sc.

Pesquisadora, Embrapa Cerrados

caroline.costa@cpac.embrapa.br

Rui Fonseca Veloso

Eng. Agrôn., D.Sc.

Pesquisador, Embrapa Cerrados

rui@cpac.embrapa.br

Leonardo Santos Oliveira

Estudante de graduação em Agronomia da UPIS,

bolsista CNPq

leonardo_oliveira108@hotmail.com

Adriano Paludo

Estudante de graduação em Agronomia da UPIS,

bolsista CNPq

adr_paludo@hotmail.com

Apresentação

O intenso processo de mudança do uso da terra nas áreas de Cerrado, envolvendo a conversão de áreas florestais em áreas para atividades agropecuárias, e a pressão sobre os remanescentes florestais para atender à demanda de produção de carvão vegetal no Brasil evidenciam a crescente preocupação relacionada à conservação dos recursos naturais da região.

O fato de o Brasil ocupar posição de destaque no consumo e produção de carvão vegetal no cenário internacional e a informação de que cerca de 50 % da matéria-prima destinada à produção de carvão vegetal é originária de matas nativas, sobretudo de áreas de Cerrado, motivaram a publicação do presente texto.

Aspectos relacionados à utilização do carvão vegetal no Brasil, matéria-prima e tecnologias empregadas para sua produção, bem como perspectivas para a produção de carvão vegetal adotando tecnologias mais limpas, serão abordados ao longo do texto.

Esperamos que a leitura da presente publicação possa oferecer uma visão geral do sistema de produção de carvão vegetal atualmente adotado no Brasil, despertando a perspectiva da necessidade de adoção de sistemas mais sustentáveis de produção, econômica, social e ambientalmente viáveis.

Roberto Teixeira Alves

Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

Sumário

Introdução	9
Utilização do carvão vegetal no Brasil	12
Matéria-prima para produção de carvão vegetal	15
O processo de produção do carvão vegetal	20
Tecnologias de produção de carvão vegetal no Brasil	23
Processos com fonte interna de calor	24
Processos com fonte externa de calor	25
Retortas	25
Perspectivas para produção de carvão vegetal empregando tecnologias mais limpas	27
Sistemas agroflorestais para produção de energia	29
Considerações finais	31
Referências	32
Abstract	37

Panorama Atual da Produção de Carvão Vegetal no Brasil e no Cerrado

Eny Duboc; Caroline Jácome Costa

Rui Fonseca Veloso; Leonardo Santos Oliveira

Adriano Paludo

Introdução

Ao contrário do que aconteceu nos países industrializados, no Brasil, o uso industrial do carvão vegetal continua sendo largamente praticado. O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de carvão vegetal do mundo ([ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, 2006](#)). No país, a utilização da lenha, empregada, principalmente, nas carvoarias para produzir carvão vegetal e na cocção de alimentos nas residências, também é significativa. Com um consumo de 136,6 milhões de metros cúbicos, em 2004, o Brasil era o terceiro maior produtor de lenha do mundo, menor apenas do que a Índia e a China com 303,8 e 191,0 milhões de metros cúbicos, respectivamente ([FAO, 2007](#)). Em 2005, para a produção de carvão vegetal, foram consumidos cerca de 39,3 milhões de toneladas de lenha, equivalentes a 42,8 % da produção. O setor residencial consumiu cerca de 26 milhões de toneladas (29,3 % da produção), e os restantes 28 % representaram consumos diretos de lenha na agropecuária e indústria. A lenha e o carvão vegetal representaram 13 % da matriz energética brasileira em 2005 ([BRASIL, 2006](#)).

O Brasil possui vantagens comparativas com o restante do mundo em termos de utilização de fontes renováveis de energia ([Fig. 1](#)). No País, em 2005, 44,5 % da oferta interna de energia (OIE) foi de energia renovável, enquanto, em 2004, a média mundial foi de 13,1 %, e, nos países da Organização Econômica de Cooperação e Desenvolvimento (OECD), foi de apenas 6,1 % (BRASIL, 2006).

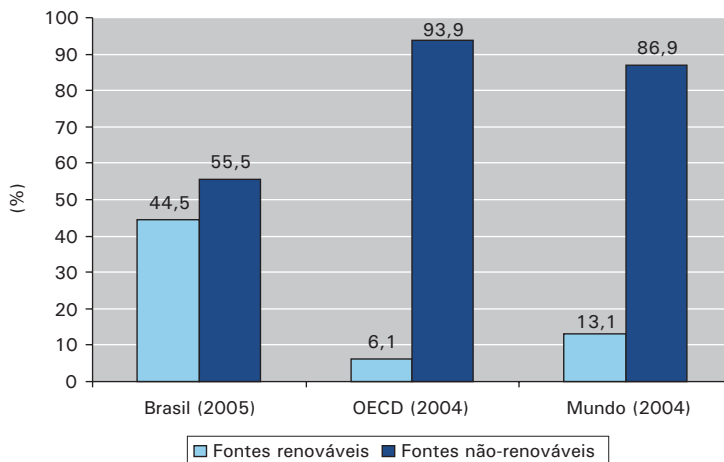


Fig. 1. Oferta Interna de Energia no Brasil, em países da OECD e no Mundo, 2004 e 2005.

Fonte: [Brasil \(2006\)](#).

Entretanto, atualmente existe um déficit entre reflorestamento e o consumo de madeira para produção de carvão vegetal, acarretando em aumento de pressão sobre os remanescentes florestais. Cerca de 50 % da matéria-prima destinada à produção de carvão vegetal é oriunda de matas nativas, em especial de áreas de Cerrado.

A produção de carvão vegetal, tal como é praticada atualmente, aproveitando os resíduos do desmatamento junto às fronteiras de desenvolvimento agrícola, possui diversos aspectos negativos em relação à sustentabilidade ambiental e social. Entretanto, de acordo com [Brito \(1990\)](#), deve-se considerar que, além do benefício econômico do aproveitamento da madeira, a emissão de gases - particularmente o dióxido de carbono (CO_2) - é provavelmente menor do que aquela verificada por ocasião das queimadas das florestas. Na carbonização, de 30 % a 40 % da madeira submetida ao processo é recuperada na forma de carvão vegetal, não sendo, portanto, convertida em gases. Além de menor, a emissão de gases é diluída ao longo de todos os meses do ano, e não concentrada na época de estiagem, como ocorre nas queimadas.

Todavia, no processo de conversão da biomassa em carvão vegetal, a fração perdida como gases não condensáveis, resultantes da combustão incompleta da madeira, é constituída, prioritariamente, por monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), óxidos de nitrogênio (NO, NO₂ e N₂O) e material particulado em suspensão. Destes, o CH₄ e o N₂O constituem importantes gases com potencial de reter calor na superfície terrestre e, portanto, representam gases que contribuem para o efeito estufa. O monóxido de carbono, por sua vez, afeta indiretamente esse processo por participar de reações fotoquímicas que alteram os níveis de gases de efeito estufa na atmosfera.

Se for considerada a combustão de biomassa proveniente de madeira de florestas nativas, nas quais não há programas de reflorestamento ou de manejo sustentável, além destes gases, há que se considerar a emissão do próprio dióxido de carbono no incremento líquido de CO₂ na atmosfera, em virtude da não reposição das florestas removidas no processo. Há estimativas que consideram que a queima de biomassa responde por 25 %-45% das emissões globais anuais de CO₂, 15 %-50 % de CO e 3 %-10 % de CH₄ e que as emissões de CO₂ equivalente resultantes da produção de carvão vegetal, no Brasil, representam cerca de 3,5 % das emissões totais resultantes da queima de combustíveis fósseis ([PENNISE et al., 2001](#)). De toda forma, a emissão desses gases é tanto maior quanto menos eficiente for o processo de carbonização.

Todavia, o processo de produção de carvão vegetal ocorre, em sua maioria, próximo às florestas, em fornos de alvenaria, sem recuperação dos subprodutos e com carga e descarga manual. A utilização desses fornos primitivos implica em perda de 40 %-50 % do poder calorífico. Essa eficiência pode ser aumentada para 60 %, melhorando o desenho dos fornos de carvoejamento e para 65 %-70 % em fornos contínuos, com recuperação de subprodutos, o que permitiria obter mais carvão da madeira e, além disso, produziria alcatrão (combustível), metanol (combustível e carburante) e ácido acético (matéria-prima da indústria química). Contudo, pelos altos investimentos necessários, os fornos contínuos são acessíveis somente a grupos econômicos fortes e não aos pequenos produtores isolados ([JUVILLAR, 1980](#)).

A inexistência de políticas públicas nacionais ou regulamentação ambiental que estimulem o emprego de tecnologias voltadas à redução de gases de efeito estufa na produção de carvão vegetal, a resistência do setor produtivo no sentido do aperfeiçoamento das tecnologias adotadas na produção e os custos associados às mudanças na infra-estrutura das unidades de carbonização limitam fortemente a modernização da indústria de carvão vegetal no Brasil.

Este trabalho analisa o setor de madeira para fins energéticos e sua evolução recente no Brasil, utilizando análise gráfica e tabular de dados publicados por órgãos públicos e entidades representativas das empresas do setor florestal, além de dados secundários de pesquisa.

Utilização do carvão vegetal no Brasil

A quase totalidade da produção de carvão vegetal no Brasil destina-se ao consumo interno, estimulado pela produção siderúrgica, com pequeno volume de exportações. Nos últimos 20 anos, acima de 84 % do consumo de carvão vegetal destinou-se às indústrias de ferro-gusa, aço e ferro-ligas ([Tabela 1](#)). O setor residencial consumiu cerca de 8,3 % da produção de carvão vegetal, seguido pelo setor comercial, com 1,1 %, representado por pizzarias, padarias e churrascarias.

Em 2005, o setor siderúrgico exportou 239 milhões de toneladas, havendo a geração de 242 mil empregos diretos e mais de um milhão de empregos indiretos. De acordo com [Ferreira \(2000\)](#), o uso do carvão vegetal na siderurgia está intimamente relacionado ao processo de industrialização do País. Na época em que a estrutura viária não permitia o emprego do carvão mineral, importado ou produzido no Brasil, o carvão vegetal, de fácil produção e baixo custo, viabilizou a implantação de usinas de pequena capacidade de produção, compatíveis com o nascente mercado de aço. O carvão é utilizado como fonte de energia na produção de ferro e aço e como termo-redutor na fusão dos minerais. De acordo com Ackerman e Almeida (1990), citados por [Bacha e Barros \(2004\)](#), o carvão vegetal permite a obtenção de um produto de melhor qualidade do que o obtido com o carvão mineral. No entanto, o carvão vegetal só pode ser utilizado em fornos pequenos e médios.

Tabela 1. Produção e consumo de carvão vegetal no Brasil.

Fluxo	Carvão vegetal (unidade 10 ³ toneladas)								
	1985	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Residencial	1.328	990	672	634	647	674	763	779	801
Comercial	105	82	87	98	95	90	98	102	104
Público	10	5	3	0	0	0	0	0	0
Agropecuário	14	18	11	7	7	7	8	9	9
Industrial	8.116	8.409	6.838	6.716	6.079	6.376	7.540	8.944	8.757
Cimento	1.126	542	438	361	327	320	382	440	385
Ferro-gusa e aço	5.915	6.760	5.517	5.668	5.325	5.515	6.280	7.588	7.436
Ferro-ligas	653	560	590	666	408	518	823	864	883
Mineração e pelotização	89	53	0	0	0	0	0	0	0
Não-ferrosos e outros metais	190	394	226	9	9	12	120	12	12
Química	58	50	37	0	0	0	29	25	26
Têxtil	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerâmica	27	20	9	0	0	0	0	0	0
Outros	58	30	21	12	10	11	14	15	15
Consumo final energético	9.573	9.504	7.611	7.455	6.828	7.147	8.409	9.834	9.671
Importação	0	0	16	11	18	12	25	52	90
Exportação	0	0	-10	-8	-9	-7	-13	-28	-15
Produção	10.075	10.016	7.909	7.713	7.031	7.364	8.657	10.085	9.893

Fonte: [Brasil \(2006\)](#).

A indústria siderúrgica brasileira sofreu um grande processo de reestruturação na década de 1990, fruto do programa de privatização implementado pelos governos federal e estaduais e do processo de liberalização da economia brasileira (ANDRADE et al., 1999), levando à formação de grandes grupos privados e adotando a tendência mundial de aumento da escala de produção em cada planta industrial (AMANN; NIXSON, 1999, citados por BACHA; BARROS, 2004). Isso acarretou mudanças tecnológicas no padrão dos fornos utilizados na produção de aço, com predominância dos fornos a carvão mineral. O uso do coque mineral foi também favorecido no período de 1994 a 1997, em virtude da valorização cambial do real frente ao dólar (BACHA; BARROS, 2004) (Fig. 2).

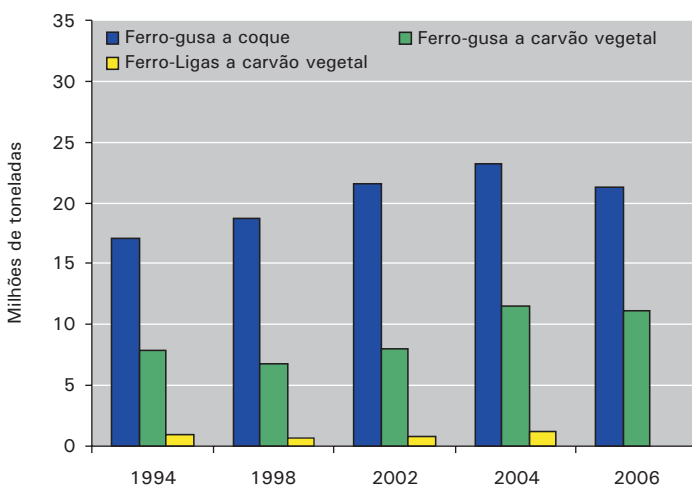


Fig. 2. Produção de ferro-gusa e ferro-ligas no Brasil.

(Nota: dado de produção de ferro-ligas não disponível em 2006).

Fonte: Sindifer / IBS citados por Associação Mineira de Silvicultura (2006), adaptado.

Como consequência, a produção de carvão vegetal no Brasil apresentou, nos últimos 20 anos, significativas oscilações. De acordo com os dados da [Tabela 1](#), a produção de cerca de 10 milhões de toneladas entre os anos de 1985 e 1990 apresentou redução de quase 30 % nos 10 anos

seguintes, retomando o crescimento apenas a partir de 2002. Entretanto, em 2005, a produção ainda foi inferior à de 1990. Tal fato, de acordo com [Pou et al. \(2006\)](#), está relacionado, entre outros fatores, à maior utilização do carvão mineral (coque siderúrgico) por parte de algumas empresas siderúrgicas.

A [Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas \(2006\)](#) considera que deverá ocorrer incremento do consumo, bem como da produção nos próximos anos, uma vez que as grandes agroindústrias consumidoras de óleo diesel e combustível pretendem promover a substituição dos combustíveis fósseis por carvão vegetal.

Outro fator de estímulo ao consumo de carvão vegetal deve-se ao preço que se apresentava em queda desde 1986. Naquele ano, o m³ do carvão vegetal custava R\$ 68,30, e, em 1997, custava R\$ 22,40. Esse fato pode ser explicado pela queda no preço da matéria-prima (lenha nativa e de reflorestamento), que passou de US\$ 23,00/m³ st, em 1985/86, para US\$ 6,32/m³ st, em agosto de 1999, nas mesorregiões de Paulista e do noroeste de São Paulo ([LIMA; BAJAY, 2002](#)).

Matéria-prima para produção de carvão vegetal

Um dos problemas associados à produção do carvão vegetal no Brasil diz respeito à origem da matéria-prima. Atualmente, cerca de 50% da matéria-prima destinada à produção de carvão vegetal é oriunda de matas nativas. De acordo com [Brito \(1990\)](#), historicamente, a disponibilidade de material lenhoso proveniente de florestas nativas permitiu o desenvolvimento da siderurgia a carvão vegetal. O aumento nas exportações de *commodities*, na década de 1970/80, provocou a abertura de novas fronteiras de produção, com conseqüente desmatamento, seja diretamente com recursos do produtor ou com financiamentos de programas de Governo, o que gerou em Minas Gerais, Goiás, sul da Bahia e em Mato Grosso condições para o fornecimento de madeira que, ao invés de ser simplesmente queimada, foi sendo transformada em carvão vegetal.

Apesar de o consumo de carvão originário de florestas plantadas ter saltado de 2,8 milhões de MDC¹, em 1980 (14,1 %), para 19,2 milhões de MDC, em 2005 (50,4 %), houve também aumento no consumo de carvão vegetal de origem nativa, que passou de 16,9 milhões de MDC em 1980 (86 % do total consumido), para 18,8 milhões de MDC em 2005 (49,6 %). Observa-se, pela Fig. 3, aumento constante do consumo de carvão oriundo da silvicultura de 1980 até a primeira metade da década de 1990, apresentando, entretanto, nos 10 anos seguintes uma estabilização. Isso pode estar relacionado à queda do preço do petróleo e à conseqüente queda do preço internacional do carvão mineral que, de acordo com [Ferreira \(2000\)](#), entre 1988 e 1997, passou de cerca de US\$ 50,00 para US\$ 32,00 por tonelada. Contudo, a partir de 2002, o aumento do consumo agravou a exploração de carvão vegetal oriundo de vegetação nativa.

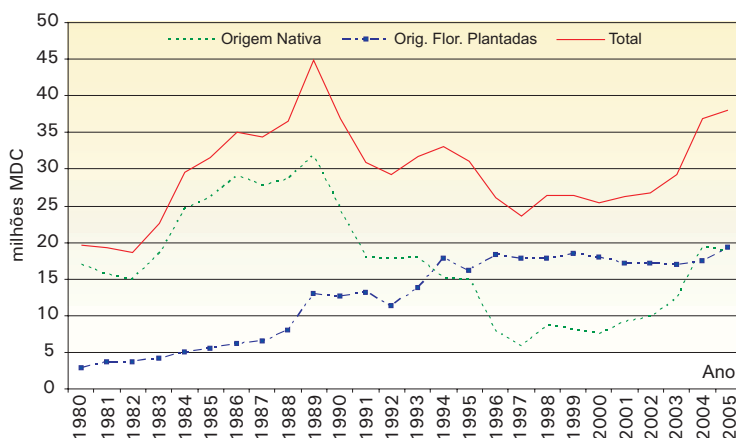


Fig. 3. Evolução do consumo de carvão vegetal no Brasil, conforme sua origem.

Fonte: [Associação Mineira de Silvicultura \(2007a\)](#).

¹ MDC - Metro de Carvão: unidade de medida equivalente à quantidade de carvão que pode ser contida em um metro cúbico.

Essa insuficiência de carvão vegetal proveniente de reflorestamento intensificou a pressão sobre os remanescentes florestais, em especial do Cerrado. Do total de 5,5 milhões de toneladas de carvão vegetal produzidas no Brasil em 2005, 34,5 % foram oriundos da vegetação nativa do Cerrado (Fig. 4).

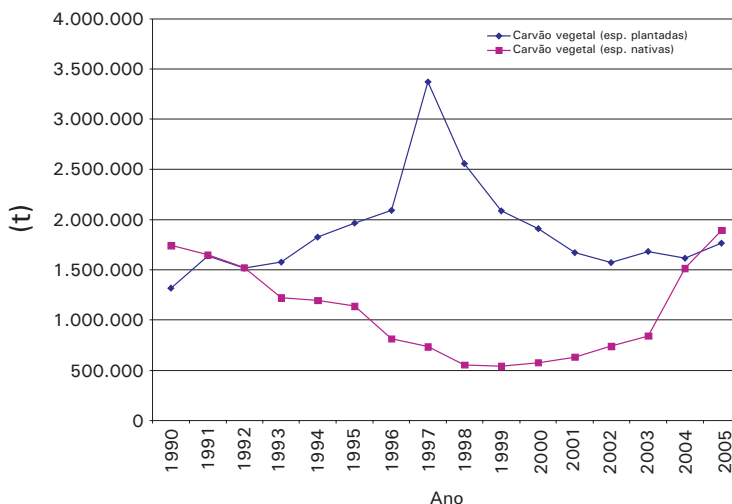


Fig. 4. Evolução da produção de carvão vegetal no Cerrado.

Fonte: [IBGE \(2005a\)](#).

De acordo com regulamentação do Código Florestal Brasileiro, pelo Decreto 97.628/89, um consumo anual de carvão vegetal superior a 12 mil estéreos² obriga o consumidor a manter florestas próprias destinadas ao seu suprimento, cuja exploração seja equivalente à totalidade do consumo.

Dessa forma, em virtude da tendência de aumento no consumo, do esgotamento dos maciços próximos às indústrias consumidoras e das exigências cada vez mais restritivas à utilização de matas nativas, será necessário aumentar o plantio de florestas energéticas para atender à demanda de carvão vegetal.

² Estéreo - quantidade de lenha que pode ser empilhada ordenadamente em um metro cúbico.

A implementação de linhas de crédito voltadas para o plantio florestal, como o Programa de Plantio Comercial de Florestas (PROPFLOA), o Programa de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF Florestal) e os fundos constitucionais para o Norte, para o Centro-Oeste e para o Nordeste (FNO-Floresta, FCO-Pronatureza e FNE-Verde, respectivamente), além de programas governamentais, como o Programa Nacional de Florestas (PNF), têm sido implementados com o intuito de suprir a demanda de madeira gerada pelo setor florestal. O PNF tem como uma das principais prioridades criar condições favoráveis para que pequenos e médios produtores rurais participem, efetivamente, da expansão da área de florestas plantadas em bases sustentáveis ([SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA, 2006](#)). Até o final do quadriênio 2004 - 2007, espera-se o plantio de 2,0 milhões de hectares, parte destes destinados à formação de florestas energéticas, à recuperação de áreas degradadas e à recomposição de áreas de reserva legal. Além disso, a expectativa é que 15 milhões de hectares de florestas nativas sejam certificados e incluídos em programas de manejo sustentável ([WALTER et al., 2007](#)). Verifica-se, pela Fig. 5, que, a partir do ano 2000, houve uma recuperação no plantio de florestas energéticas.

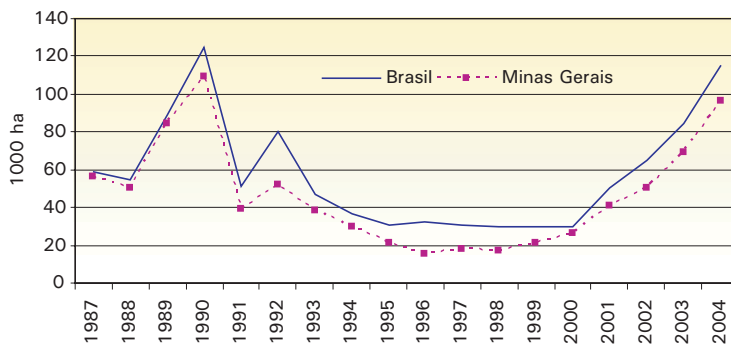


Fig. 5. Evolução do plantio de florestas energéticas no Brasil e em Minas Gerais.

Fonte: [Associação Mineira de Silvicultura \(2007b\)](#).

A maioria dos plantios para produção de carvão vegetal no Brasil está localizada em Minas Gerais. Esse estado, em 2004, concentrou 83,6 % dos 115.580 hectares plantados para a formação de florestas energéticas no

País. Do total de carvão vegetal oriundo de florestas plantadas no Brasil, em 2005, Minas Gerais concentrou 69% da produção nacional ([IBGE, 2005b](#)). Entre os dez municípios maiores produtores de carvão vegetal do Brasil, cinco são de Minas Gerais (Buritizeiro, João Pinheiro, Itamarandiba, Curvelo e Três Marias). Em conjunto, esses municípios responderam por 17,2 % da produção nacional de carvão vegetal da silvicultura e por 24,9 % da produção estadual. Os demais maiores municípios produtores são da Bahia (Caravelas e Alcobaça), Maranhão (Açailândia e Centro Novo do Maranhão) e Mato Grosso do Sul (Três Lagoas). Minas Gerais também é, historicamente, o maior consumidor de carvão vegetal do País. Em 2005, o estado respondeu por 66 % do consumo do País (Fig. 6), sendo que 59,3 % deste carvão teve origem no próprio estado e 40,7 % em outras regiões do Brasil.

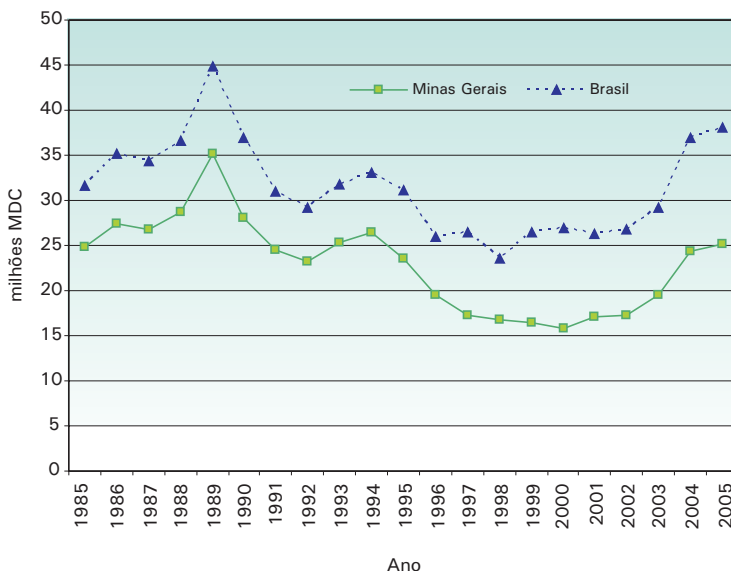


Fig. 6. Evolução do consumo de carvão vegetal no Brasil e em Minas Gerais.

Fonte: AMS / IEF/ SINDIFER / ABRAF, citado por [Associação Mineira de Silvicultura \(2007a\)](#).

Do total de carvão vegetal consumido em Minas Gerais no ano de 2005, 18,4 % foram destinados para indústrias integradas, 70,2 % para produção de ferro-gusa, 10 % para ferro-ligas e 1,4 % para outros fins ([Fig. 7](#)).

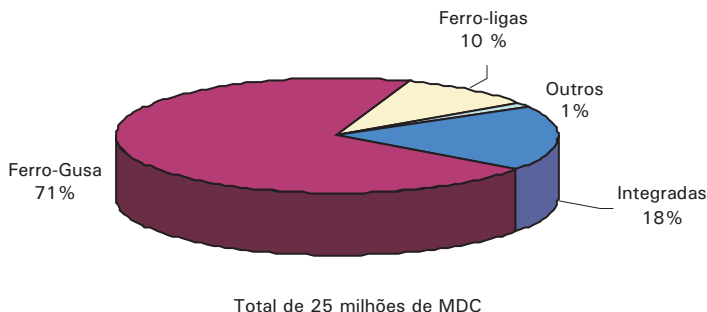


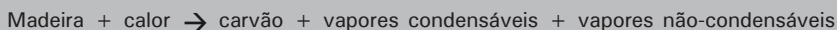
Fig. 7. Destinação, por segmento, do carvão vegetal no Estado de Minas Gerais, no ano de 2005.

Fonte: [Associação Mineira de Silvicultura \(2005\)](#).

O processo de produção do carvão vegetal

O carvão vegetal é produzido a partir da lenha pelo processo de carbonização ou pirólise, ou seja, a partir do aquecimento da madeira a temperaturas superiores a 300 °C, em atmosfera pobre em oxigênio ([CENBIO, 2002](#)).

O termo pirólise é utilizado para caracterizar a decomposição térmica de materiais contendo carbono, na ausência de oxigênio. Dessa maneira, resíduos agrícolas ou outro tipo qualquer de material orgânico se decompõem dando origem a três fases: sólida (carvão vegetal), gasosa (não condensável) e líquida (fração pirolenhosa). Em termos simples, o processo de pirólise pode ser representado pela seguinte reação:



O teor de material volátil varia de 20 % a 35 %, o carbono fixo varia de 65 % a 80 % e as cinzas (material inorgânico), de 1 % a 3 %. Entretanto, a proporção relativa das fases varia em função da temperatura ([Tabela 2](#)), do processo e do tipo de equipamento empregado. Geralmente, a temperatura situa-se na faixa de 400 °C a 1000 °C. É importante ressaltar que a definição dada ao processo de pirólise exclui a presença de oxigênio,

porém, na prática, alguns processos de pirólise são conduzidos com alimentação de ar. Isso se justifica pelo fato de que, sendo o processo como um todo endotérmico, calor é requerido para seu pleno desenvolvimento. Dessa maneira, faz-se necessário adicionar oxigênio ao processo, de tal forma que este possibilite a combustão de parte do material combustível formado, gerando o calor necessário ao processo de pirólise. Portanto, existe uma zona mínima na qual a decomposição da biomassa ocorre na ausência de oxigênio. O processo de pirólise tem sua grande aplicação na produção do carvão vegetal, cujo rendimento pode chegar a até 40 %, em peso, em relação à matéria-prima ([CARIOCA; ARORA, 1984](#)).

Tabela 2. Fases do fenômeno de conversão da madeira para carvão vegetal.

Fase	Temperatura (°C)	Fenômenos e produtos
1	Até 200	Poucas reações importantes Perda de umidade Fase endotérmica
2	200 até 270-280	Aumento das reações e da eliminação de gases A madeira adquire coloração marrom arroxeada Fase endotérmica
3	280 até 350 - 380	Importante fase de reações e grande eliminação de gases Composição de gases: centena de componentes químicos orgânicos (alguns recuperáveis, como, ácido acético, metano, acetona, fenóis e aldeídos, hidrocarbonetos e alcatrões) O resíduo final dessa fase já é o carvão vegetal, mas que ainda apresenta compostos volatilizáveis em sua estrutura Fase exotérmica.
4	380-500	Redução de saída de gases O carvão vegetal passa a sofrer uma purificação na sua composição química com a eliminação do restante dos gases voláteis contendo H e O. O carvão torna-se mais rico em carbono em sua estrutura (carbono não volatilizável ou carbono fixo) Fase exotérmica.
5	Acima de 500	Degradação do carvão Término da carbonização e início da gaseificação do carvão Fase exotérmica

Fonte: Doat e Petrof (1975), citados por Brito (1990).

A madeira é constituída, aproximadamente, por 50 % de carbono, 6 % de hidrogênio, 44 % de oxigênio e quantidades mínimas de nitrogênio e outros elementos. Essa composição se mantém mais ou menos constante independentemente da espécie ou idade. O poder calorífico pode ser apresentado como “poder calorífico superior” (p.c.s.) e “poder calorífico inferior” (p.c.i.) dependendo, respectivamente, se o calor liberado pela condensação da água de constituição do combustível é ou não considerado. Na prática, o poder calorífico inferior deve ser preferido. Entretanto, na determinação do poder calorífico, geralmente, emprega-se processo calorimétrico, o qual fornece como resultado o poder calorífico superior. Para contornar esse fato, utiliza-se a relação existente entre o poder calorífico superior e o inferior; no caso, a relação é regida pela quantidade de hidrogênio do combustível.

De modo geral, a qualidade do carvão a ser obtido depende da espécie e tamanho da madeira e do método de carbonização. Todavia, em linhas gerais, pode-se dizer que:

- A densidade da madeira (característica da espécie) influi na densidade do carvão. Para altos fornos, o alto valor do peso a granel do carvão (kg de carvão.m⁻³) é desejável, pois permite introduzir mais carbono ao volume útil do mesmo.
- Em relação ao tamanho, pedaços pequenos de madeira produzem carvão mais duro e mais denso do que a madeira em pedaços grandes, pois apresentam menor tendência a estourar durante a carbonização, e as gretas produzidas pela contração são menos numerosas. Além disso, praticamente todos os métodos de mecanização exigem madeira cortada em pequenos pedaços.
- A carbonização lenta quebra menos o carvão do que os métodos rápidos (este é o ponto positivo dos fornos de alvenaria). Os grandes fornos contínuos devem, por isso, ser carregados com lenha de menor tamanho, economicamente viável.

- A temperatura de carbonização influencia o peso por metro cúbico e o teor de carbono fixo do carvão obtido. Altas temperaturas de carbonização produzem carvão com muito carbono fixo, mas frágil e miúdo, inadequado para ser utilizado nos altos fornos.

Tecnologias de produção de carvão vegetal no Brasil

O segundo grande problema envolvido com o carvão vegetal diz respeito à tecnologia empregada na sua produção. Atualmente, o carvão vegetal é produzido, em sua maioria, da mesma forma como o era há um século. A tecnologia é primitiva, o controle operacional dos fornos de carbonização é pequeno, e não se pratica o controle qualitativo e quantitativo da produção, o que tem resultado em baixa eficiência do processo. Além desses aspectos, a tecnologia atualmente empregada descarta, pela emissão de gases, milhares de toneladas de componentes químicos. Conforme mencionado anteriormente, do processo de carbonização, aproveita-se de 30 % a 40 % da madeira na forma de carvão vegetal. O restante é simplesmente lançado na atmosfera na forma de gases.

Apesar de a atividade não se concentrar num único ponto, estando dispersa no meio rural, o resultado global das emissões de gases é importante, tanto em relação à perda de produtos químicos valiosos, que poderiam ser economicamente recuperados, como quanto aos aspectos ambientais.

Considerando que o carvão vegetal representa em torno de 60 % a 70 % do custo de produção de ferro-gusa, é imprescindível que ocorram investimentos em novas tecnologias e métodos no processo de carbonização ([MUYLEAERT et al., 1999](#); [HOMMA et al., 2006](#)). Nesse sentido, algumas empresas do setor vêm, há vários anos, realizando estudos e implantações de sistemas de recuperação dos produtos gasosos para a geração de insumos químicos e energéticos, como o alcatrão para uso combustível. As tecnologias para a recuperação desses produtos são totalmente disponíveis e têm sido utilizadas em várias partes do mundo.

A adoção de soluções de mais amplo espectro para a recuperação de outros produtos da carbonização implica em alterações na sistemática hoje utilizada no Brasil, como a adoção de tecnologias e conceitos agroindustriais mais modernos, além de elevados investimentos iniciais, principalmente, se comparados àqueles necessários para a produção de carvão vegetal pelo modelo tradicional. Apesar de os investimentos serem maiores, os ganhos ambientais, no entanto, são muito significativos.

Como já mencionado anteriormente, para a produção de carvão vegetal é necessária a aplicação de calor sobre a madeira em quantidade suficientemente controlada para que ocorra apenas a sua degradação parcial. Particularmente no que diz respeito à origem do calor para o processo, é bastante usual, de acordo Brito (1990), classificar os sistemas de produção de carvão vegetal em:

- a) Sistemas com fonte interna de calor ou por combustão parcial.
- b) Sistemas com fonte externa de calor.

Processos com fonte interna de calor

Caracterizam-se por serem predominantemente artesanais e são os mais amplamente difundidos em países em desenvolvimento. Quase todo carvão vegetal produzido no Brasil é obtido por meio desses processos ([BRITO, 1990](#)).

A carga de madeira é colocada no interior de um invólucro denominado de “forno” (geralmente construído em alvenaria, chapa metálica ou com a mistura de ambos). Com a colocação de fogo, ocorre a queima controlada de parte da carga de madeira. A queima é realizada mediante a admissão controlada de ar no interior da carga, a qual fornece o oxigênio necessário ao processo. Os gases resultantes normalmente são removidos por uma ou várias chaminés. Os rendimentos gravimétricos desses processos para a obtenção de um bom carvão, em geral, não ultrapassam 40 %. Como conseqüência, 60 % do peso de uma carga de madeira a ser processada transforma-se em gases.

A carbonização da lenha, em fornos de alvenaria, é praticada com ciclos de aquecimento e resfriamento que duram até vários dias. O rendimento em massa do carvão vegetal em relação à lenha seca enforada é de aproximadamente 25 %.

Processos com fonte externa de calor

Existe a possibilidade da construção de fornos segundo o modelo anteriormente citado, mas que podem operar com calor originário de uma fonte externa. De acordo com [Neiva \(1987\)](#), para o aquecimento da carga de lenhas, são empregados resíduos florestais (galhos e cascas) que não se prestam para serem carvoejados. Com isso, aumenta-se a produção de carvão, com gasto de apenas dois estéreos de lenha para cada m³ de carvão produzido, ao invés de 2,5 para um.

A carbonização é conduzida mediante o controle da combustão na câmara, não havendo necessidade de orifícios no corpo do forno para a entrada de ar. Os gases são expelidos pela chaminé, e o volume e coloração dos mesmos são auxiliares para a operação do forno.

Retortas

Visando a melhorias no processo de carbonização, foram desenvolvidas as “retortas”. As retortas são, em geral, equipamentos que empregam a combustão externa de gases recuperados da própria carbonização para a geração de calor. As atuais concepções de retortas são projetadas para serem construídas vertical ou horizontalmente, em material metálico e com dimensões que permitem grandes produções num único equipamento.

De acordo com [Brito \(1990\)](#), além de obter carvão de melhor qualidade e mais homogêneo, em função do controle do processo, a produtividade pode atingir de 10 até 70 kg carvão/m³ lenha. Há exemplos de retortas que, individualmente, podem produzir por ano o equivalente a 350 fornos de alvenaria com capacidade para 35 m³ de madeira.

Além da recuperação e queima de gases do próprio processo para a geração de calor, são obtidos gases inertes, utilizados no resfriamento do carvão produzido. A recuperação dos gases permite obter os produtos químicos contidos nos mesmos. Qualitativamente, a variedade de produtos que podem ser obtidos é bastante grande. Gold Stein (1979), citado por Brito (1990), faz referências à identificação de cerca de 230 compostos químicos. Na prática, os compostos químicos são recuperados na massa de dois produtos líquidos básicos condensáveis, o alcatrão e o licor pirolenhoso (Fig. 8 e 9).

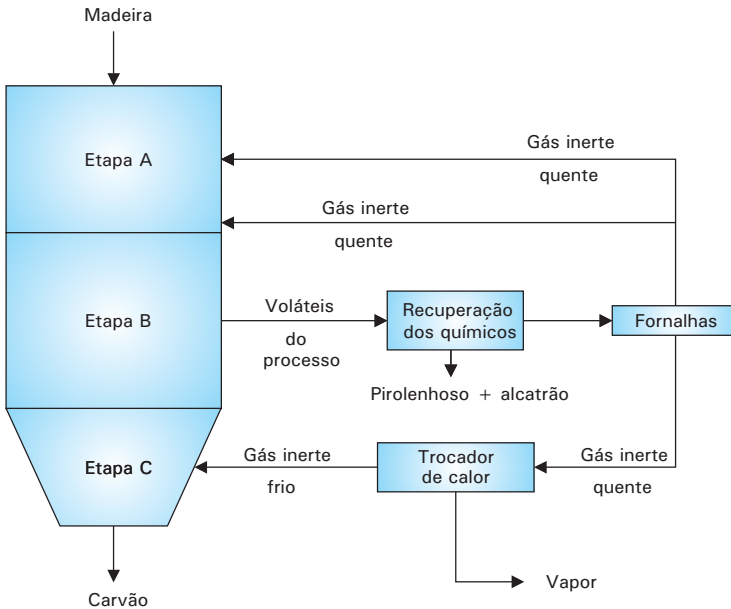


Fig. 8. Esquema de carbonização em sistemas de retortas.

Fonte: Brito (1990).

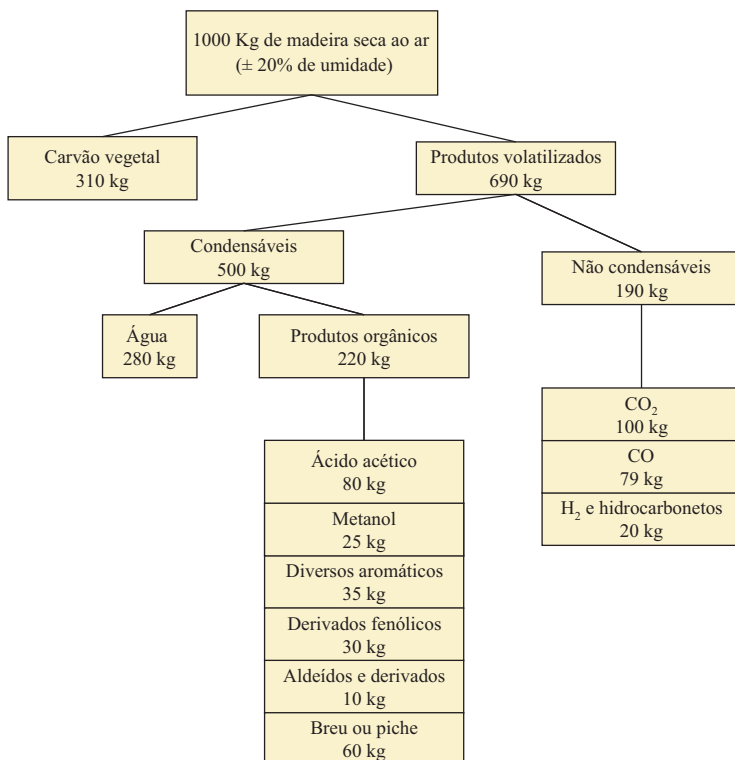


Fig. 9. Balanço global de conversão laboratorial de madeira em carvão vegetal até 500 °C, contendo os principais produtos gerados.

Fonte: Briane e Doat (1985), citados por [Brito \(1990\)](#).

Perspectivas para produção de carvão vegetal empregando tecnologias mais limpas

Em razão de as cotações dos preços de carvão vegetal terem sido historicamente estabelecidas em termos de volume de produção, o sistema de produção de carvão vegetal no Brasil sempre priorizou o rendimento volumétrico da produção ($\text{m}^3/\text{forno}/\text{mês}$) e o número de lotes produzidos, em detrimento do rendimento gravimétrico (massa de carvão/massa de madeira), como indicativo da eficiência de carbonização. Todavia, o rendimento gravimétrico é o principal fator a influenciar as emissões de CH_4 no processo

de carbonização, e existem trabalhos que demonstram a existência de uma relação linear negativa entre as emissões de CH_4 e o rendimento gravimétrico na produção de carvão vegetal ([PINHEIRO et al., 2006a, b](#)).

Desse modo, uma redução nas emissões de CH_4 decorrentes do processo de carbonização pode se dar por meio da implementação de melhorias tecnológicas e operacionais no projeto dos fornos e na operacionalização do sistema, que aumentem a eficiência do processo, resultando em maior rendimento, menor custo de produção e menor impacto ambiental.

De acordo com [Colombo et al. \(2006\)](#), nos sistemas tradicionais de produção de carvão, empregando fornos tradicionais de alvenaria, as perdas em forma de fumaça poluente podem chegar a 50 % do carbono inicialmente contido na lenha enforada e 75 % em peso da mesma. Nos sistemas que adotam tecnologias mais modernas, empregando, por exemplo, fornos cilíndricos verticais, a requeima dos gases gerados no processo de carbonização gera um adicional de calor suficiente para a secagem da lenha e reduz substancialmente a fumaça e a poluição atmosférica pela queima completa dos pirolenhosos, alcatrão não solúvel e a parte combustível dos gases não condensáveis. O emprego dessa tecnologia diminui a necessidade de madeira em 25 % a 30% para a obtenção da mesma quantidade de carvão. Da mesma forma, ao calcular os fatores de emissão³ dos principais compostos liberados durante o processo de produção de carvão vegetal empregando diferentes tecnologias, [Pennise et al. \(2001\)](#) encontraram valores que variaram de 543 a 1382 g de CO_2 ; 36,5 a 47,6 g de CH_4 ; 162 a 324 g de CO; e 0,011 a 0,045 g de N_2O para cada kg de carvão vegetal produzido, dependendo da tecnologia empregada no processo.

Consideráveis melhorias nas técnicas existentes, bem como novas tecnologias e equipamentos destinados à produção limpa de carvão vegetal, têm sido desenvolvidas ao longo dos últimos anos. Conforme já mencionado, a maioria delas tem valorizado as emissões produzidas durante o processo de pirólise da biomassa, no sentido de seu aproveitamento para

³ Fator de emissão: equivale, neste caso, à quantidade emitida do poluente, em gramas, em relação a um quilograma de carvão vegetal produzido.

geração de energia adicional no processo, melhorando a eficiência econômica e ambiental da produção de carvão vegetal. Nesses sistemas, há trabalhos que demonstram a possibilidade de eliminação completa da emissão de CO, CH₄, etileno (C₂H₄) e outros compostos orgânicos voláteis, melhorando substancialmente a eficiência energética do processo e a qualidade ambiental do ar nos centros de produção ([HALOUANI; FARHAT, 2003](#)).

Alguns projetos pioneiros vêm preconizando medidas de mitigação das emissões de CH₄, resultantes da produção de carvão vegetal, beneficiando-se dos acordos internacionais estabelecidos no âmbito do Protocolo de Kyoto. De acordo com esse protocolo, os países que, historicamente, mais contribuíram para a concentração atual de gases de efeito estufa na atmosfera e que ratificaram o protocolo assumiram metas de redução de suas emissões que podem ser cumpridas por meio da implementação de projetos de compensação em países em desenvolvimento, pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Isso significa que esse mecanismo permite que os países que possuem metas de redução financiem projetos que visem à redução das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera ou que tenham potencial de seqüestrar o dióxido de carbono acumulado na mesma, em países em desenvolvimento.

No caso dos projetos voltados à redução das emissões de metano no processo de carbonização, são implementadas melhorias no processo de produção de carvão vegetal que não ocorreriam na ausência dos incentivos do MDL, com a vantagem de ainda contribuírem para o desenvolvimento sustentável dos países nos quais as atividades são implementadas, com o auxílio de receita adicional proveniente da venda das reduções certificadas das emissões (os créditos de carbono), além de representarem um estímulo para que outras empresas também façam investimentos em melhorias técnicas.

Sistemas agroflorestais para produção de energia

O esgotamento das matas nativas junto às usinas siderúrgicas tem levado os consumidores a estabelecerem programas de reflorestamento com

espécies de rápido crescimento ([BRITO, 1990](#)), assim como à adoção de sistemas de produção mais eficientes do ponto de vista econômico, social e ambiental.

Nesse contexto, destacam-se os sistemas agroflorestais - sistemas de uso da terra nos quais espécies lenhosas são cultivadas de forma interativa com cultivos agrícolas, pastagens e/ou animais, visando a múltiplos propósitos, produtos e serviços. Tais sistemas, se desenhados e manejados adequadamente, podem ser lucrativos e potencialmente sustentáveis, em especial para a região do Cerrado, proporcionando controle à erosão, manutenção da biodiversidade, seqüestro de carbono, balanço de nutrientes e uso estratégico de fertilizantes, especialmente fósforo ([DUBOC, 2006](#)).

O principal objetivo dos sistemas agroflorestais é otimizar o uso da terra, conciliando produção de alimentos, energia e serviços ambientais com a produção florestal, diminuindo a pressão pelo uso da terra para a produção agropecuária e possibilitando a conservação do potencial produtivo dos recursos naturais renováveis, por meio de sistemas agroecológicos mais estáveis ([DUBOC, 2006](#)). Os sistemas agroflorestais, além de propiciarem ingressos financeiros antes da maturidade da espécie florestal, podem aumentar a taxa interna de retorno (TIR) dos investimentos, além do valor presente líquido (VPL), do valor anual equivalente (VAE) e do valor esperado da terra (VET) ([RODIGHERI, 1998](#); [DUBE et al., 2002](#); [SILVA, 2004](#); [VALE, 2004](#)), aumentando a atratividade do cultivo de florestas.

De maneira geral, as árvores exercem influência sobre: a quantidade e a disponibilidade de nutrientes através da fixação biológica de nitrogênio; interceptação de nutrientes em maiores profundidades; redução de perdas por lixiviação e/ou erosão; retorno de nutrientes à superfície na forma de serapilheira e incorporação na matéria orgânica do solo. Além disso, a maior biodiversidade dos sistemas contribui para o processo de restabelecimento da fauna do solo. O sombreamento e a maior presença de serapilheira exercem influência sobre a taxa de evaporação da água e o balanço hídrico do solo e favorecem a atividade microbiana, resultando em aceleração das taxas de decomposição da matéria orgânica,

proporcionando vantagens no que diz respeito ao efeito residual e à sustentabilidade. A ação das árvores atenua a velocidade dos ventos, além de proporcionar maior conforto térmico para homens e animais, diminuindo a evapotranspiração, o que se reflete em maiores rendimentos dos cultivos agrícolas e das pastagens ([DUBOC, 2006](#)).

No sistema *taungya*, por exemplo, a espécie florestal é plantada junto a cultivos agrícolas de ciclo curto como milho, arroz, feijão e mandioca, com o objetivo de reduzir o custo de estabelecimento dos plantios florestais. No Brasil, esse sistema tem sido utilizado para baratear a formação de florestas de eucalipto ([DUBOIS, 1996](#)). Outro exemplo de sucesso no Cerrado é a integração lavoura, pecuária e floresta. Nesse sistema agrissilvipastoril, o eucalipto é plantado em amplos espaçamentos (10 m x 4 m), consorciado com arroz no primeiro ano, seguido por soja e com a formação da pastagem, no terceiro ano. O gado, para recria e engorda, convive com o eucalipto a partir do quarto ano, até aos 10 anos. A partir daí, realiza-se o corte e permite-se a rebrota do eucalipto, com início de novo ciclo de cultivo agrícola.

Vários trabalhos têm comprovado a eficiência dessa forma de uso do solo ([GARCIA et al., 1994](#); [RODIGHERI, 1998](#); [SCHLÖNVOIGT; BEER, 2001](#); [DUBE et al., 2002](#); [MAGALHÃES et al., 2004](#); [MELO; ZOBY, 2004](#); [SILVA, 2004](#); [VALE, 2004](#)).

Considerações finais

A utilização dos vegetais como fonte de redutores de minério de ferro (e fonte de energia em geral) é uma alternativa válida em países como o Brasil, que unem grande extensão territorial e intensa insolação. Essa solução apresenta, porém uma série de desafios, resumidos nos seguintes aspectos: desenvolvimento de programas de melhoramento vegetal, visando maior eficiência fotossintética, que resulte em maior produção de madeira seca $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, aliado ao manejo da fertilidade dos solos, reciclagem de nutrientes e escolha dos solos mais adequados a cada espécie e aumento da eficiência na produção de carvão vegetal, incluindo o

aproveitamento dos subprodutos gerados na carbonização da madeira e na redução do minério de ferro, nas siderúrgicas. Além da continuidade dos incentivos para fomento florestal, visando ao pequeno e médio produtor rural, e a disseminação de boas práticas de cultivo florestal, de modo a minimizar seus impactos ambientais e sociais no Cerrado.

A atividade de carvoejamento, freqüentemente, tem sido associada com condições desumanas de trabalho. Essa realidade pode ser modificada se no seu lugar surgir, com o emprego de novas tecnologias, uma indústria limpa, realmente sustentável e renovável e geradora de empregos dignos e de divisas.

Referências

- ANDRADE, M. L. A. de; CUNHA, L. M. S. da; GANDRA, G. T. Reestruturação na siderurgia. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 9, p. 3-44, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS -ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2006**. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 10 maio 2007.
- ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA - AMS. **Anuário estatístico 2003**. Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <<http://www.showsite.com.br/silviminas/html/anexocampo/anuario2003.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2007.
- ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA - AMS. **Anuário estatístico 2004**. Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <<http://www.showsite.com.br/silviminas/html/anexocampo/anuario2004.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2007.
- ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA - AMS. **Anuário Estatístico 2006**. Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://www.showsite.com.br/silviminas/html/anexocampo/anuariosite.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2007a.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA -AMS. **Plantios anuais de florestas energéticas**. Disponível em: <<http://www.showsite.com.br/silviminas/html/AnexoCampo/ene.pdf>> . Acesso em: 10 maio 2007b.

BACHA, C. J. C.; BARROS, A. L. M. Reflorestamento no Brasil: evolução recente e perspectivas para o futuro. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 191-203, 2004.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço energético nacional 2006**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/sem/ben>> . Acesso em: 17 mai. 2007.

BRITO, J. O. **Princípios de produção e utilização do carvão vegetal de madeira**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 19 p. (Documentos Florestais, 9).

CARIOCA, J. O. B.; ARORA, H. L. **Biomassa: fundamentos e aplicações tecnológicas**. Fortaleza: CFC: BNB, 1984. 644 p.

CENBIO. **Centro Nacional de Referência em Biomassa**. Disponível em: <<http://www.cenbio.org.br>> . Acesso em: 18 abr. 2002.

COLOMBO, S. F. O.; PIMENTA, A. S.; HATAKEYAMA, K. Produção de carvão vegetal em fornos cilíndricos verticais: um modelo sustentável. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru-SP. **Anais...** Bauru: UNESP, 2006.

DUBE, F.; COUTO, L.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; GARCIA, R.; ARAÚJO, G. A. A. A simulation model for evaluating technical and economic aspects of an industrial eucalyptus-based agroforestry system in Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 55, p. 73-80, 2002.

DUBOC, E. **Cerrado: sistemas agroflorestais potenciais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. 125 p.

DUBOIS, J. C. L. **Manual agroflorestal para a Amazônia**. Rio de Janeiro: REBRA, 1996. v. 1, 228 p.

FAO. **Situación de los Bosques del mundo**. Roma, 2007. 144 p.

FERREIRA, O. C. Emissões de gases de efeito estufa na produção e no uso do carvão vegetal. **Economia & Energia**, Viçosa, n. 20, 2000. Disponível em: <<http://ecen.com/eee20/emiscarb.htm>> . Acesso em: 13 set. 2007.

FRANCISO, V. L. F. S.; CASER, D. V.; AMARO, A. A. Tipificação de produtores rurais com área reflorestada. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 34, n. 12, p. 29-44, 2004.

GARCIA, N. C. P.; REIS, G. G.; SALGADO, L. T.; FREITAS, R. T. F. Consórcio do *Eucalyptus grandis* com gramíneas forrageiras em área de encosta na Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho, RO. **Anais...** Colombo: Embrapa-CNPQ, 1994. v.1, p. 113-120.

HALOUANI, K.; FARHAT, H. Depollution of atmospheric emissions of wood pyrolysis furnaces. **Renewable Energy**, v. 28, n. 1, p. 129-138, 2003.

HOMMA, A. K. O.; ALVES, R. N. B.; MENEZES, A. J. E. A.; MATOS, G. B. Guseiras na Amazônia: perigo para a floresta. **Ciência Hoje**, v.39, n. 233, p. 56-59, 2006.

IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura do IBGE na base Agrotec da Embrapa**. Rio de Janeiro, 2005a.

IBGE. **Produção da extração vegetal e silvicultura 2005**. Rio de Janeiro, 2005b. v. 20, 50 p.

JUVILLAR, J. B. Tecnologia de transformação da madeira em carvão. In: FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. **Uso da madeira para fins energéticos**. Belo Horizonte, 1980. p 67-82. (CETEC. Publicações Técnicas, 1).

LIMA, C. R. de; BAJAY S. V. **Reposição florestal obrigatória e o planejamento energético regional**. Disponível em: <<http://www.ipef.br/serviços/artigos>>. Acesso em: 10 abr. 2002.

MAGALHÃES, J. A.; COSTA, N. L.; PEREIRA, R. G. A.; TOWNSEND, C. R.; BIANCHETTI, A. Sistemas silvipastoris: alternativas para a Amazônia. **Bahia Agrícola**, v. 6, n. 3, p. 52-54, 2004.

MELO, J. T.; ZOBY, J. L. F. **Espécies para arborização de pastagens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 4 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 113).

MUYLAERT, M. S.; SALA, J.; FREITAS, M. A. V. The charcoal's production in Brazil – process efficiency and environmental effects. **Renewable Energy**, v. 16, p. 1037-1040, 1999.

NEIVA, J. Biomassa. In: NEIVA, J. **Fontes alternativas de energia**. Rio de Janeiro: Maity, 1987. p. 46-99.

PENNISE, D. M.; SMITH, K. R.; KITHINJI, J. P.; REZENDE, M. E.; RAAD, T. J.; ZHANG, J.; FAN, C. Emissions of greenhouse gases and other airborne pollutants from charcoal making in Kenya and Brazil. **Journal of Geophysical Research**, v. 106, n. D20, p. 24143-24156, 2001.

PINHEIRO, P. C. C.; RAAD, T. J.; IRENE, Y. M. Equação geral de mecanismos cinéticos da carbonização do *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 93-106, 2006a.

PINHEIRO, P. C. C.; SEYE, O.; FIGUEIREDO, F. J. Influência da temperatura e da taxa de aquecimento da carbonização na produção do carvão vegetal. **Biomassa & Energia**, Viçosa, v. 1, p. 35-46, 2006b.

POU, M. S.; TOTTI, J. A.; MALINOVSKI, R. A. O presente e o futuro do setor florestal brasileiro. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 14., 2006, Curitiba. **Anais**. Curitiba: UFPR: FUPEF, 2006.

RODIGHERI, H. R. **Viabilidade econômica de plantios florestais solteiros e de sistemas agroflorestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998. 4 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 22).

SILVA, J. C. Eucalipto, arroz, soja e carne: uma economia e dieta saudável. **Revista da Madeira**, n.86, ano 14 dez 2004. Disponível em <<http://www.remade.com.br/pt/revista-materia.php?edicao=86&id=679>>. Acesso em 16 abr. 2007

SCHLÖNVOIGT, A.; BEER, J. Initial growth of pioneer timber tree species in a Taungya system in the humid lowlands of Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 51, p. 97-108, 2001.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e números do Brasil florestal**. 2006. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br>>. Acesso em: 26 abr. 2007.

VALE, R. S. **Agrissilvicultura com eucalipto como alternativa para o desenvolvimento sustentável da Zona da Mata de Minas Gerais**. 2004. 101f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

WALTER, A.; DOLZAN, P.; PIACENTE, E. **Biomass energy and bio-energy trade: historic developments in Brazil and current opportunities**. Disponível em: <<http://www.bioenergytrade.org/downloads/brazilcountryreport.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2007.

Actual Overview upon Brazil and Cerrado Biome's Charcoal Production

Abstract

The charcoal production from planted forests has been insufficient to take care of the demand and has implied in more pressure on the forest remainders, in special of the biome Cerrado. In 2005, the charcoal consumption in Brazil reached 38 million of MDC (Meter of Charcoal). The evolution of the charcoal consumption produced from native species passed of 86 % of the total, in 1980, to approximately 49.6 %, in 2005, whereas the charcoal produced from planted forests jumped of 14,1 %, in 1980, to 50,4 %, in 2005. Minas Gerais is the greatest consumer of charcoal and consumed 66 % of the Brazilian production, in 2005. In Brazil, in 2004, 115,580 ha of energy forests had been planted, of which 83.6 % in Minas Gerais. Of the 5,5 million tons of charcoal produced in Brazil in 2005, 34.5 % had been produced with native species of the Cerrado. Despite of the governmental incentives and the credit availability, the investments for expansion of energy forests have been limited. The introduction of technological and operational improvements in the charcoal production system can result in more economic, social and ambient efficiency. The agroforestry systems can be an economically viable activity to small agricultural producers to increase the forest products' offer.

Index terms: charcoal, Cerrado, energy, Eucalyptus, agroforestry systems.