

PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL EM PEQUENA ESCALA

Paulo Cesar da Costa Pinheiro, Pinheiro@netuno.Lcc.ufmg.br, PauloCPinheiro@ufmg.br¹

¹ Universidade Federal de Minas Gerais UFMG, Dept. Engenharia Mecânica, Av. Antonio Carlos 6627, 31270-901 Belo Horizonte, MG.

Resumo: Este artigo descreve a construção e operação de um forno de carbonização de baixo custo, capaz de produzir cerca de 30 kg de carvão por fornada, aproveitando o lenha e resíduos que seriam, de outra forma, desperdiçados. O forno de carbonização consiste em um tambor metálico de 200 L, dotado de uma tampa para carregamento e ventaneiras para a entrada controlada do ar. Este forno foi testado durante vários dias, e sob uma operação cuidadosa pode fazer um carvão de boa qualidade, com rendimento acima de 25%.

Palavras-chave: Carvão Vegetal, fornos de carbonização, biomassa, fontes renováveis de energia

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país tropical com alta incidência solar, e grande produção de biomassa. Grande parte desta biomassa não possui nenhum uso, sendo considerados resíduos (urbanos e rurais). Estes resíduos não possuem valor econômico, devido a sua dispersão, baixa densidade energética e a inexistência de um mercado comprador. Estes resíduos são abandonados no campo e nas cidades, queimados ao ar livre ou levado aos lixões, criando um problema ambiental.

As atividades agrícolas e florestais produzem uma grande quantidade de resíduos, que não possuem valor comercial. Os resíduos rurais são todos os tipos de resíduos gerados pelas atividades produtivas nas zonas rurais, quais seja: os resíduos agrícolas, florestais e pecuários.

Os resíduos agrícolas são aqueles produzidos no campo, resultantes de restos de colheitas ou da limpeza realizada para evitar pragas ou incêndios, e que não possuem utilização posterior na própria exploração: ervas daninhas, folhas, palha de cereais e de milho, sabugo de milho, cascas de arroz e de aveia, dentre outros. Também são considerados como resíduos agrícolas os resíduos das serrarias (serragem), das usinas de açúcar e álcool (bagaço de cana), das indústrias de suco e óleos, indústrias de papel e celulose (sepihos, maravalhas e cavacos desclassificados de eucalipto e pinus) etc.

Parte dos resíduos agrícolas é deixada no terreno de cultivo, servindo como de proteção e fonte de nutriente do solo, mas o excedente destes resíduos faz com que se tornem um problema de emissão de metano, de contaminação de solos e águas (subterrâneas e superficiais) e contribuído para a propagação de pragas e incêndios. Assim, os resíduos devem ser retirados do campo no menor tempo possível, para não interferir nas outras atividades agrícolas e evitar problemas.

Os resíduos florestais são aqueles gerados e deixados na floresta, resultantes da manutenção das florestas, devido à desganhamentos, podas, grimpas, limpezas, retiradas de tocos etc. Cerca de 20% da massa de uma árvore são deixados na floresta. Incluem neste grupo também os resíduos gerados pelas indústrias madeireiras e de celulose.

Os resíduos da pecuária são constituídos por esterco e outros produtos resultantes da atividade biológica do gado bovino, suíno, caprino e outros.

O potencial energético dos resíduos rurais no Brasil não é precisamente determinado, mas pode ser estimado através do índice de colheita aparente **IC** (tabelas 1 e 2). O índice de colheita aparente representa a relação entre a quantidade de produto (grãos etc) economicamente aproveitável, e a quantidade total de biomassa gerada por hectare plantado de uma determinada cultura:

$$IC = \frac{P_g}{(P_b + P_g)} \quad P_b = P_g \left(\frac{1}{IC} - 1 \right)$$

onde: **IC** é índice de colheita; **P_g** a produtividade de grãos (Mg/ha); e **P_b** a produtividade de fitomassa da parte aérea (Mg/ha). Podemos considerar que a fitomassa da parte aérea **P_b** são resíduos. O índice de colheita aparente médio do Brasil é aproximadamente 0,35 para soja e 0,40 para trigo e milho [Debarba, 2002]; 0,30 para o feijão e 0,60 para a mandioca [IBGE, 1996].

Tabela 1. Potencial Econômico da Produção de Carvão Vegetal a Partir de Resíduos Agrícolas.

Produto	¹ Safra 2009-10 1.000 ton	Índice de colheita	Disponibilidade de Resíduos (Pb) 1.000 ton/ano	Produção de Carvão $\eta = 0,30$ 1.000 ton/ano	Potencial Econômico ⁶ US\$ 250/ton
Algodão - Caroço	1.993,8	³ 0,58	1.444	433,1	US\$ 108 Milhões
Arroz	11.485,9	⁴ 0,45	14.038	4.411,5	US\$ 1.052 Milhões
Feijão (1 ^a 2 ^a e 3 ^a safras)	3.344,7	³ 0,30	7.804	2.341,3	US\$ 585 Milhões
Milho (1 ^a e 2 ^a safras)	54.184,5	² 0,40	81.276	24.383,0	US\$ 6.096 Milhões
Soja	67.864,6	² 0,35	126.034	37.810,2	US\$ 9.452 Milhões
Trigo	5.026,3	² 0,40	7.539	2261,8	US\$ 565 Milhões
Demais Produtos	2.996,1	0,40	4.494	1.348,2	US\$ 337 milhões
Brasil	146.865,9		242.629	72.788	US\$ 18,2 Bilhões/ano

Fonte: ¹Conab, Levantamento: Mai/2010. ²Debarba, 2002. ³IBGE. ⁴Fagerial. ⁵Lacerda (fibra+semente). ⁶AMS, 2010

Tabela 2. Potencial Econômico da Produção de Carvão Vegetal a Partir de Palha de Cana.

Região	Cana Moída 1.000 ton/ano	Potencial Resíduos Secos 1.000 ton/ano	Produção de Carvão $\eta = 0,30$ 1.000 ton/ano	Potencial Econômico US\$ 250/ton
São Paulo	181.500	25.400	7.620	1.905 Milhões/ano
Centro-sul	249.700	35.000	10.500	2.625 Milhões/ano
Norte-Nordeste	51.900	7.200	2.160	540 Milhões/ano
Brasil	301.600	67.600	20.280	US\$ 5,1 Bilhões/ano

Fonte: Kolbitz.

O Brasil produziu em 2008, 52,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (1,08 kg/hab.dia), dos quais de 46,5 milhões de toneladas foram coletados [Abrelpe, 2008]. Cerca de 98% do lixo não recebe nenhum tratamento, 25,2% vão para lixões, 20% para aterro controlado, 52,8% para aterros sanitários, e cerca de 2% vão para as usinas de reciclagem [Abrelpe, 2008, IBGE, 2004]. A coleta de resíduos foi a quantidade de lixo duplicou nos últimos 15 anos devido ao aumento do poder aquisitivo e do perfil de consumo dos brasileiros.

Belo Horizonte é a 6^a cidade mais populosa do Brasil, possuindo os problemas típicos das grandes cidades. Com uma população de 2.350.564 hab [IBGE 2004] produz diariamente 4,25 mil toneladas de resíduos [Almeida, 2006]. As principais fontes de resíduos são a construção civil (52,90% do lixo é composto por entulho), comércio e residências (25,86% do total). Os 55 parques municipais, com mais de 7 milhões m², e as 250 mil árvores em vias públicas são também uma grande fonte de resíduos sólidos, devido ao manejo de poda, supressão e substituição.

Tabela 3. Origem dos Resíduos Sólidos de Belo Horizonte [Almeida, 2006]

Tipo de Resíduo		Produção (ton/dia)	Participação (%)
Domiciliar e Comercial	Biomassa	1.100	25,86%
Feiras e Mercados	Biomassa	10	0,23%
Podas	Biomassa	24	0,55%
Capina	Biomassa	380	8,94%
Raspagem mecânica	-	195	4,58%
Varrição	-	270	6,35%
Hospitalar	-	25	0,59%
Entulho	Biomassa+inerte	2.250	52,90%
Total		4.250	100,00%

A maior parte dos resíduos urbanos são os resíduos de construção (entulhos). Destes, grande parte são restos de madeiras utilizadas em escoramento, formas, tapumes etc. Estes resíduos são biomassas.

Os resíduos sólidos verdes urbanos (podas de árvores e restos de produtos agrícolas), quando não manuseados e tratados de forma adequada, se tornam fonte de contaminação ao meio ambiente, sobretudo quando direcionados aos lixões e mananciais hídricos. Dentre os problemas relevantes decorrentes dos resíduos sólidos verdes urbanos, pode-se citar a produção de percolados contaminantes, a proliferação de vetores e a produção de odores.

Considerando somente o lixo doméstico e comercial recolhido pelo sistema de coleta, a produção de lixo per capita em Belo Horizonte é cerca de 0,600 kg/dia (18 kg/mês = 216 kg/ano) [SLU, 1991].

Tabela 4. Composição do Lixo de Belo Horizonte

Tipo	1972	1985	1991
Barroca	0,09	1,56	0,42
Couro	0,28	1,42	0,20
Folhagem	0,00	6,53	5,40
Madeira	0,93	0,97	0,56

Mat. Orgânica	69,88	61,83	64,40
Metal Ferroso	3,32	2,30	2,50
Papel, Papelão	16,77	15,87	13,50
Plástico	1,90	4,92	6,50
Trapó	2,19	2,94	1,50
Vidro	2,07	1,48	2,22
Outros e perdas	2,08	0,18	2,65

Fonte: 1972 - Plano diretor de limpeza urbana de Belo Horizonte.
 1985 - AMARAL, Ana Flávia Heilbuth. Análise Física do Lixo.
 1991 - Composição do Lixo do Belo Horizonte – SLU

Tabela 2. Potencial Econômico da Produção de Carvão Vegetal a Partir dos Resíduos Sólidos Urbanos

Resíduos recolhidos 52,9 Mton/ano	%	Potencial Resíduos Secos 1.000 ton/ano	Produção de Carvão $\eta = 0,30$ 1.000 ton/ano	Potencial Econômico US\$ 250/ton
Madeira	1%	529	158,7	39 Milhões/ano
Biomassa	60%	31.700	9.520	2,38 Bilhões/ano

Assim, torna-se necessário encontrar soluções alternativas que sejam técnica e economicamente viáveis e ambientalmente aceitas pela sociedade, de modo a diminuir os problemas ambientais ocasionados pelos resíduos sólidos. Para minimizar a produção do lixo utiliza-se o princípio dos **3R: Reduzir, Reutilizar e Reciclar**.

Reduzir	Evitar tudo aquilo que de uma ou outra forma gera um desperdício desnecessário.
Reutilizar	Voltar a usar um produto ou materiais, várias vezes sem tratamento. Dar a utilidade máxima aos objetos sem a necessidade de destruí-los ou desfazer deles.
Reciclar	Utilizar os mesmos materiais uma ou outra vez, reintegrá-los a outro processo natural ou industrial para fazer o mesmo produto ou outro produto, utilizando menos recursos naturais.

Estes resíduos podem ser reciclados através da carbonização, de modo a gerar um produto de maior valor agregado. A carbonização é um método simples e eficaz que, além de diminuir o volume de resíduos sólidos fornece como, produto final o carvão vegetal, um combustível renovável de alto valor energético e econômico, que pode ser utilizado tanto para cocção doméstica e quanto em uso industrial.

A carbonização é um processo térmico que transforma a biomassa em carvão vegetal, que é um produto mais durável, de maior poder calorífico, maior densidade energética, e maior valor econômico que a biomassa. No Brasil a carbonização é normalmente realizada em fornos de alvenaria ou em fornos meda (caieiras, forno bacurau). Os fornos de alvenaria custam cerca de R\$ 500,00, e necessitam de muita mão de obra para a sua carga, descarga e operação, não sendo viável sua implementação em locais de baixa disponibilidade de biomassa. Os fornos caieira possuem baixo rendimento gravimétrico e energético e também necessitam de muita mão de obra.

Assim, torna-se necessário o desenvolvimento de uma tecnologia de baixo custo, bom rendimento e de fácil operação, para a carbonização dos resíduos de biomassa em pequena escala.

O objetivo deste estudo foi desenvolver um sistema de carbonização de baixo custo, de fácil construção e fácil operação, de modo a viabilizar mecanismos de participação da sociedade, reduzir os resíduos, gerar renda e contribuir para a melhoria da qualidade de vida.



Figura 1. Alguns protótipos testados na UFMG

2. DESENVOLVIMENTO DE UM FORNO DE CARBONIZAÇÃO DE BAIXO CUSTO

Visando o desenvolvimento de um forno de carbonização em pequena escala de baixo custo, visualizou-se a utilização de um tambor metálico usado de 200 litros, com tampa e aro. Este tipo de tambor é facilmente disponível em todo território nacional e é baixo custo (cerca de R\$ 15,00). A literatura mostra vários tipos de fornos de carbonização utilizando tais tambores. Foram construídos alguns fornos segundo as descrições da literatura, de modo a verificar as dificuldades construtivas e operacionais (figura 1).

A partir da experiência com estes fornos foram desenvolvidos alguns protótipos visando adaptar os projetos à realidade brasileira. Entre os protótipos construídos, o protótipo chamado LC²-200L foi o que apresentou melhores resultados operacionais, maior facilidade de uso e melhor rendimento, sem custo elevado (figura 2).

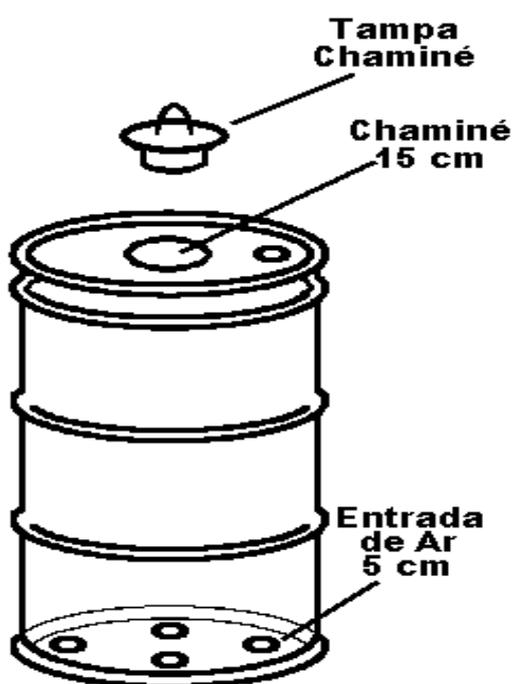


Figura 2. Forno de Carbonização LC²-200L.

O forno LC²-200L é construído com um tambor metálico usado de 200 L, com tampa e aro de vedação (valor R\$ 15,00). No fundo do tambor foram realizados 4 orifícios de 5 cm de diâmetro, igualmente espaçados. Na tampa do tambor foi realizado um furo de 15 cm de diâmetro que funciona como chaminé. Uma tampa permite o fechamento da chaminé. Em operação o forno é apoiado sobre 3 tijolos ou blocos de madeira, de modo a assegurar a passagem do ar por baixo e a entrada no ar no forno.

3. ENSAIO DO FORNO DE CARBONIZAÇÃO LC²-200L

Diversos ensaios foram realizados com este protótipo de modo a determinar seu procedimento operacional, levantar suas características operacionais, rendimento gravimétrico e energético, ergonomia, e avaliar sua vida útil.

Os experimentos foram realizados no LC² Laboratório de Combustão e Carbonização da UFMG. Para o experimento foram utilizados resíduos de poda de árvores (galhos e ramos) do *campus* da UFMG, que foram deixadas secar ao ar livre por cerca de 180 dias.

Os resíduos de poda (lenha) foram colocados dentro do forno (tambor), arranjados de tal modo a colocar a maior quantidade de biomassa possível sem, entretanto, prejudicar o fluxo de gases. Sobre a biomassa no forno foi colocado um material de fácil ignição (palhas, capim, papel etc), para iniciar a combustão.

Toda a biomassa introduzida no forno foi pesada e foram separadas algumas amostras para determinar a umidade média do material utilizado. A partir do teor de umidade foi calculada a massa de biomassa seca colocada no forno.

O forno é apoiado sobre 3 tijolos ou blocos de madeira, de modo a permitir a passagem de ar por baixo, e assegurar a queima e a tiragem dos gases.

Com a biomassa dentro do forno, e com a tampa aberta, é realizada a ignição. Com uma bucha de papel é atado fogo no material colocado sobre a biomassa. (Se existir um conjunto de fornos em operação, pode-se utilizar a brasa retirada de um outro forno para realizar o acendimento). Uma vez estabelecida a combustão, foi colocada a tampa do forno, presa pelo aro (anel) de fixação, de modo que a saída dos produtos da carbonização ocorra somente pela abertura da chaminé. O desenvolvimento do processo da carbonização foi controlado de forma empírica (cor, volume e

temperatura da fumaça). Um termopar permitiu levantar uma curva de temperatura do forno ao longo do processo de carbonização. Uma vez concluída a carbonização, os tijolos foram retirados, e com uma ferramenta (pá, enxada) espalhada areia em torno da base do forno, de modo a bloquear a entrada de ar pela parte inferior. A chaminé foi fechada com a tampa e vedada com barro. Deste modo o processo de carbonização é encerrado e o forno deixado a resfriar ao ar livre. Uma vez o forno frio, o tambor é basculado, o carvão foi retirado, pesado, realizada a análise imediata e determinados os rendimentos gravimétrico e energético.

Tabela 5. Balanço de massa da carbonização no forno LC²-200L.

Material	Peso Material	Umidade % bu	Peso seco Material	Carvão Produzido kg		Rendimento Base seca %
				Peso úmido	Peso seco	
Galhos	94 kg	23 %	72 kg	14,8	14,2	19,6
Resíduo Construção	115 kg	12 %	101 kg	25,5	24,5	24,2

Foram também realizados alguns ensaios com resíduos de construção. As madeiras dos resíduos de construção foram separadas e limpas, sendo retirados os pregos e restos de cimento que porventura estavam presentes.

A figura 3 mostra os resultados operacionais do forno de carbonização LC²-200L.

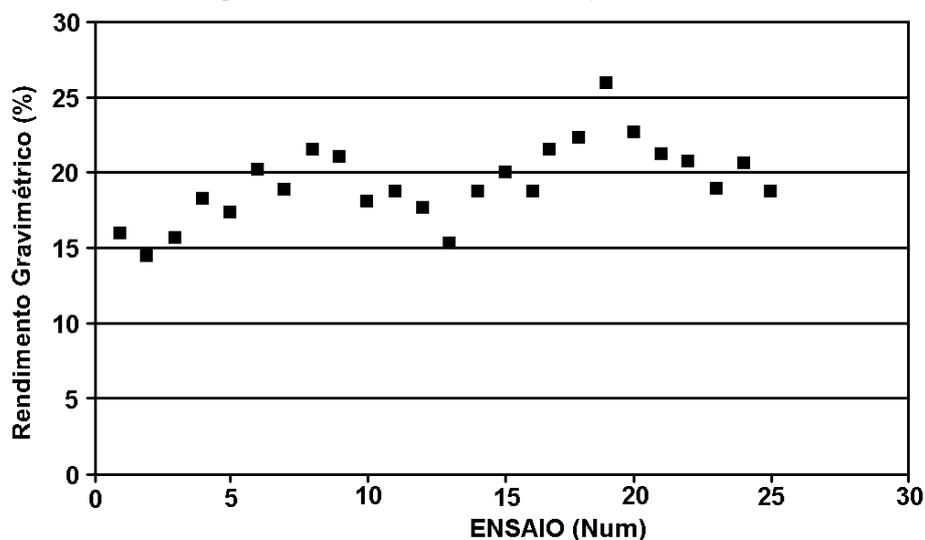


Figura 3. Rendimentos obtidos com o forno LC²-200L.

Este forno funcionou bem com materiais lenhosos (galhos, ramos) de até 16 cm de diâmetro, e com materiais granulados (caroço de manga, casca de coco etc). Ele não funcionou com materiais pulverizados (pó de serra, palha de arroz). A carbonização dos materiais pulverizados é possível colocando estes materiais dentro de um reservatório metálico (ex. lata de 18L), e este reservatório colocado dentro do forno LC²-200L, e carbonizados junto com materiais lenhosos.

Verificou-se uma grande oxidação na parte inferior do forno. Talvez seja desejável forrar o fundo do forno com um material cerâmico (tijolos), de modo a aumentar a sua vida útil.

Como aperfeiçoamentos do forno propõem-se a instalação de alças na lateral, de modo a facilitar o basculamento do tambor, um sistema de obstrução da chaminé (damper) para controlar a tiragem, e o desenvolvimento de uma seção cerâmica para a parte inferior do forno, de modo a proteger o seu fundo do calor. Uma questão que se põe a respeito da seção cerâmica é sua viabilidade econômica, uma vez que apesar dela aumentar a vida útil do forno, ela vai aumentar em muito o preço do forno e complicar sua facilidade construtiva.

4. PROPOSTA DE UMA PLANTA DE CARBONIZAÇÃO COM O FORNO LC²-200L

As etapas de produção de carvão podem ser vistas na figura 4. As etapas da preparação de matérias-primas, carga, carbonização e descarga são executadas em seqüência. As etapas de coleta e comercialização podem ser feitas simultaneamente ao processo de carbonização. A operação de uma planta de produção de carvão vegetal com 20 fornos pode ser realizada com 2 pessoas. O número de operários em cada etapa da produção é apresentado na tabela 5. Também é necessário cerca de 4 pessoas para a colheita da matéria prima e 2 para a comercialização e transporte do carvão.

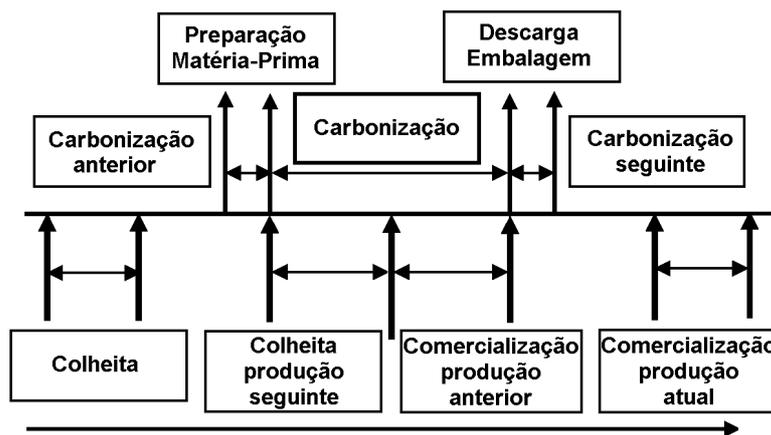


Figura 4. Etapas da Operação de Uma Planta de Carbonização com Fornos LC²-200L.

Tabela 5. Mão de Obra Empregada nas Diversas Etapas da Produção de Carvão Vegetal.

Etapa	Tempo (dias)	Homens	Homens/dia
Colheita e transporte	1	1	1
Preparação Matéria-prima	1/2	2	1
Carbonização	1	2	1
Descarga e embalagem	1/2	1	1
Comercialização e transporte	1	1	1
Total			6

Considerando uma planta de 20 fornos, com uma produção diária de 15 kg/forno, e uma jornada mensal de 20 dias, e um preço de comercialização do carvão de R\$ 1,00/kg:

$$\text{Faturamento} = 20 \text{ fornos} \times 15 \text{ kg/dia forno} \times 20 \text{ dias/mês} \times \text{R\$ } 1,00/\text{kg} = \text{R\$ } 6.000,00/\text{mês}$$

5. USOS DO FORNO LC²-200L

O pacote de 3 kg de carvão de churrasco é vendido no mercado de Belo Horizonte por cerca de R\$ 5,00. O churrasco é uma instituição social arraigada em todas as classes sociais do Brasil. Com o forno LC²-200L é possível produzir carvão para churrasco a partir de galhos, ramos e resíduos de serrarias dentro do perímetro urbano.

Devido à pequena escala de produção, as emissões do forno são pequenas (inferiores a de uma churrascaria ou de um ônibus urbano). O carvão produzido, cerca de 15-25 kg por carbonização, pode ser uma fonte de renda adicional para a população da periferia, criando-se um ciclo indissociável de fatores sociais, econômicos e ambientais.

O carvão produzido pode ser também utilizado em fogões a carvão vegetal, em substituição aos fogões a gás. Desta forma tem-se 2 ganhos ambientais: evita a emissão de metano produzida durante a decomposição da biomassa e a emissão de CO₂ na combustão do combustível fóssil. Diminui-se também o consumo de GLP, que é um combustível parcialmente importado pelo Brasil (substituição de importações, economia de divisas) [Pinheiro, 2009]

Uma fração de resíduos de carvão (pó e pedaços pequenos que não são aceitos pelo mercado) é gerada durante a classificação e empacotamento. Estes resíduos podem ser utilizados como combustível, como suplemento para ração de galinhas poedeiras, e como condicionador do solo.

A aplicação de carvão vegetal no solo melhora a qualidade do solo, reduzindo a acidez, a atividade do alumínio, a lixiviação de N além de adicionar potássio ao solo. Após a decomposição da fração mais disponível do carvão vegetal, são criadas formas recalcitrantes e supostamente são um habitat preferencial para muitos microrganismos e também podem suportar uma comunidade microbiana mais ativa. O efeito da aplicação de carvão vegetal nas características biológica, química e física do solo não é completamente conhecido, mas sua aplicação pode levar a aumentos significativos no crescimento e produção de várias espécies de plantas, similar aos resultados obtidos na Terra Preta do Índio.

Além de agir como condicionador do solo, a incorporação do carvão vegetal no solo é uma forma de sequestro de carbono, que poderá gerar créditos de carbono.

6. CONCLUSÕES

O Brasil possui de uma grande diversidade de resíduos agrícolas e agro-industriais, que podem ser aproveitados, e cuja utilização é de grande interesse econômico e social. De modo geral, o único uso possível destes resíduos é em aplicações energéticas. A diversidade de resíduos, a baixa densidade e o baixo poder calorífico restringe o uso destes resíduos, que podem (e devem!) ser valorizados através da carbonização.

A produção de carvão vegetal a partir dos resíduos rurais possibilita a valorização dos resíduos agrícolas e florestais, fomenta o uso da biomassa; estimula a utilização racional e eficiente dos recursos energéticos locais, possibilita uma geração de renda adicional, cria empregos, fixa o homem no campo etc. A produção de resíduos agrícolas está ligada diretamente à produção de alimentos, assim, a crítica existente sobre a conversão de áreas agrícolas para a produção de combustíveis renováveis não se aplica aqui.

A utilização da moínha de carvão como nutriente do solo (terra preta do índio), permitirá um aumento da produção agrícola, com um correspondente aumento da produção de resíduos, e uma diminuição do consumo de adubos industrializados, aumentando a renda do campo e diminuindo as despesas.

O sistema cooperativo de produção de carvão vegetal [Pinheiro, 2008] pode ser utilizado para a logística de colheita, distribuição e comercialização do carvão vegetal produzido.

A produção de carvão vegetal a partir dos resíduos urbanos reduz os custos monetários e ambientais dos aterros sanitários, substitui o carvão fabricado a partir de florestas (naturais ou plantadas), reduzindo assim a demanda por estes recursos. Reaproveita a energia das biomassas que seriam descartadas e cria empregos e gera renda na comunidade. O carvão vegetal produzido no perímetro urbano, por se encontrar junto ao mercado consumidor chegará ao consumidor a preços competitivos, criando novas oportunidades de negócio, novos nichos de mercado, substituindo os combustíveis convencionais a preços competitivos. Deste modo, cria-se um ciclo indissociável de fatores sociais, econômicos e ambientais, benéficos à toda sociedade.

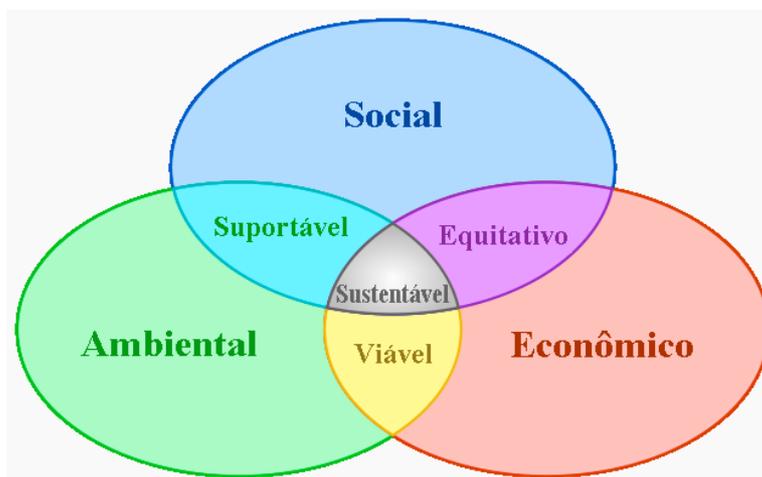


Figura 5. Os 3 Pilares da Sustentabilidade.

A utilização deste carvão em substituição aos combustíveis fósseis, diminuirá a dependência externa de combustíveis fósseis, diminuirá a emissão de gases de efeito estufa e possibilitará a implantação de projetos de créditos de CO₂. O processo é reconhecidamente ecológico. Carbonizado o lixo, ele praticamente inexistente em termos de agressão ambiental

O forno LC²-200L é de fácil fabricação, baixo custo, podendo ser construído com o mínimo de ferramentas. O carvão produzido em apenas uma única carbonização pode pagar os custos de fabricação do forno, minimizando o risco financeiro da implantação deste forno. A operação do forno foi fácil, tendo produzido carvão vegetal com rendimentos na ordem de 18-22% em cerca de 6-7 horas de operação. Apesar do rendimento ter se apresentado abaixo dos fornos comerciais, ele permite a carbonização de pequenas quantidades de biomassa, bem como a carbonização de outras biomassa normalmente não aproveitadas.

A difusão deste forno (ou de outros fornos de pequena escala) por toda a sociedade soluciona alguns problemas associados com potenciais dificuldades do suprimento, intermitência da produção e transporte dos produtos de biomassa. A localização da fonte de biomassa é crítica para assegurar a disponibilidade do recurso renovável

Está sendo desenvolvida uma cartilha explanando em detalhes as etapas de construção do forno e os procedimentos operacionais para obter o maior rendimento possível.

Os maiores obstáculos a serem vencidos são os oligopólios dos combustíveis fósseis que criam barreiras econômicas para todos os combustíveis renováveis, os "ecologistas" míopes que consideram a carbonização como fonte de emissão de poluentes, e os órgãos reguladores, que criam dificuldades para o uso dos combustíveis renováveis.

Acreditamos que principal causa da pobreza dos agricultores não é a insuficiência dos seus recursos materiais e financeiros, mas o que faz falta a eles é o saber e o saber fazer (habilidades, conhecimentos, aptidões, atitudes, valores, etc) para que tenham a capacidade de aumentar a produtividade e o rendimento da terra, dos animais e da mão-de-obra familiar que possuem. Assim, tendo em vista a disponibilidade de matéria-prima, o potencial de geração de valor,

trabalho e renda nela contida, acredita-se que este forno seja um instrumento que possa contribuir para a economia brasileira, gerando renda sobretudo nas camadas mais pobres da sociedade.

7. AGRADECIMENTOS

O autor agradece de forma especial à FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais) a concessão de auxílio que permitiram a sua presença VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, CONEM 2010.

8. REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Panorama Nacional dos Resíduos Sólidos no Brasil 2008.
http://www.abrelpe.org.br/download_panorama.php
- ALMEIDA, Marco Antonio de. Modelo de Gestão de Resíduos Sólidos de Belo Horizonte. Fundação Perseu Abramo, 2006, <http://www2.fpa.org.br/portal/modules/news/article.php?storyid=2551>. Download em 25 Março 2010.
- AMS. Preços Médios Do Carvão Vegetal Originário De Florestas Plantadas 2010. Associação Mineira de Silvicultura, Março 2010, 1p. http://www.silviminas.com.br/NumerosSetor/Arquivos/numerosetor_491.pdf.
- CALDERONI, Saberaí. Perspectivas Econômicas da Reciclagem de Lixo no Município de São Paulo. São Paulo, SP, 1997, 274p, + Anexos, Tese (Doutorado), FFLCH, USP, 12/03/97. Orientador: ABLAS, Luiz Augusto de Queiroz.
- CALDERONI, Sabetaí. Os Bilhões Perdidos no Lixo, Ed. Humanitas, 4a. ed, 2003, 348p.
- CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos, Safra 2009-2010. 8º Levantamento. Companhia Nacional de Abastecimento, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Maio 2010, 45p, http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/08_levantamento_MAI2010.pdf
- COSTA, Bruno Maia Pyramo et alii. Avaliação de Metodologia de Amostragem Para Caracterização Física de Resíduos Sólidos Urbanos. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 14-19 Setembro 2003, Joinville SC, <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes22/xcvii.pdf>
- DEBARBA, L. Simulação pelo Modelo Century do Impacto da Agricultura sobre o Estoque de Carbono Orgânico em Solos do Planalto Rio-Grandense. 2002, 172p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- FAGERIAL, Nand Kumar; Baligar, Virupax Chanabasappa. Growth Components and Zinc Recovery Efficiency of Upland Rice Genotypes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, n.12, Brasília Dec. 2005. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2005001200008&script=sci_arttext
- FAO. Food and Agricultural Organization. Simple Technologies for Charcoal Making. Rome: FAO Paper 41, 1983, 154p. Illus.
- FIUZA, Sandra Machado. Gestão de Resíduos da Construção Civil em Belo Horizonte. IN: V Seminario Internacional Ambiental-Urbano Red de Autoridades para la Gestión Ambiental en Ciudades El Caribe. Curitiba, 20-25 Novembro 2006.
http://www.red-de-autoridades.org/ponenciasVseminario/13_gestaoderesiduosdaconstrucaocivilembelohorizonte.pdf
- LACERDA, André Luiz de Souza. Efeito de População de Plantas nas Características Agronômicas na Cultura do Algodão. http://www.infobibos.com/Artigos/2006_3/Algodao/Index.htm
- PADDON, A.R.; HARKER, A.P. The Production of Charcoal in a Portable Metal Kiln. London: Tropical Products Institute Report G119, 1979, 29 pp. Illus.
- PINHEIRO, Paulo Cesar da Costa; SAMPAIO, Ronaldo Santos; BASTOS FILHO, José Gonçalves. Fornos de Carbonização Utilizados no Brasil. IN: 1st INTERNATIONAL CONGRESS ON BIOMASS FOR METAL PRODUCTION & ELECTRICITY GENERATION, 08-11 Outubro 2001, Belo Horizonte, MG, *Proceedings...* Belo Horizonte, ISS Iron & Steel Society (Brazilian Section), UFMG, 2001, (CD-ROM).
- PINHEIRO, Paulo Cesar da Costa; SAMPAIO, Ronaldo Santos. A Charcoal Production And Collection System Through a Proposed Cooperatif Method. IN: 3rd International Meeting on Ironmaking and 2nd International Symposium on Iron Ore, 22-26 Setembro 2008, São Luiz MA, *Proceedings...* São Luis, MA, ABM - Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2008 (CD-ROM), 9p.
- PINHEIRO, Paulo Cesar da Costa. Development of a Low Cost Charcoal Stove. IN: 20th International Congress of Mechanical Engineering COBEM 2009, 15-20 Novembro 2009, Gramado, RS, *Proceedings...* ABCM - Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 2009, (CD-ROM), 5p, COB09-0035.pdf
- SANTOS Heber Bezerra; SOAVE Lizandra; OLIVEIRA Jean Paul Santos; PRADO FILHO José Francisco do. Caracterização Física dos Resíduos Sólidos Domésticos de Ouro Preto Como Base Para a Recuperação de Materiais. Revista da Escola de Minas, v.49, n.2, p.32-38, Abril-Junho 1996.

9. DIREITOS AUTORAIS

O autor é o único responsável pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

SMALL SCALE CHARCOAL PRODUCTION

Paulo Cesar da Costa Pinheiro, Pinheiro@netuno.Lcc.ufmg.br, PauloCPinheiro@ufmg.br ¹

¹ Dept. Engenharia Mecânica da UFMG, Av. Antonio Carlos 6627, 31270-901 Belo Horizonte, MG.

Abstract. *This paper describes the construction and operation of a low cost charcoal kiln, capable of producing about 30 kg/bath of charcoal, using the wood and waste that would be otherwise wasted. The carbonization kiln consists of a 200 L metal drum, equipped with a cover for the charge loading and tuyeres for the control of air input. This kiln has been tested for several days, and under a careful operation can make a good quality charcoal, with a efficiency higher than 25%.*

Keywords: *charcoal, biomass, charcoal kiln, renewable energy source*